

ANNEXES

DONNÉES RELATIVES À LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ (chapitre 3)

DONNÉES SUR LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Décomposition sectorielle de la consommation intérieure d'électricité dans les différents scénarios et variantes

Trajectoire de référence

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	151,5	140,1	134,3
Tertiaire	131,3	125,6	120,0	113,2
Industrie	113,2	113,3	138,2	180,3
Transport	12,7	32,5	73,2	98,7
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	52,2	54.7	60,7
Production d'hydrogène	-	25,0	33,0	50,0
Consommation intérieure	475,2	508,2	567,1	645,0

Scénario «réindustrialisation profonde»

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	151,5	140,1	134,3
Tertiaire	131,3	125,8	120,2	114,5
Industrie	113,2	123,0	164,4	238,7
Transport	12,7	32,5	73,2	98,7
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	54,4	61,6	71,0
Production d'hydrogène	-	42,2	63,9	86,7
Consommation intérieure	475,2	537,7	631,4	751,7

Scénario «sobriété»

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	141,2	122,4	111,3
Tertiaire	131,3	116,9	104,5	95,0
Industrie	113,2	107,7	126,0	160,5
Transport	12,7	31,8	64,6	76,6
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	50,0	52,2	56,5
Production d'hydrogène	-	23,5	31,0	47,0
Consommation intérieure	475,2	479,3	508,8	554,6

Variante « électrification - »

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	147,6	134,9	126,4
Tertiaire	131,3	123,0	114,7	106,8
Industrie	113,2	111,4	125,5	149,7
Transport	12,7	27,0	58,5	80,8
Agriculture	8,4	7,9	7,4	6,9
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	51,0	53,5	57,3
Production d'hydrogène	-	25,0	33,0	50,0
Consommation intérieure	475,2	492,8	527,4	578,0

Variante «électrification +»

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	152,7	143,3	138,7
Tertiaire	131,3	128,5	125,2	119,9
Industrie	113,2	115,9	147,4	191,9
Transport	12,7	60,5	116,8	125,2
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	55,1	62,0	67,0
Production d'hydrogène	-	25,0	33,0	50,0
Consommation intérieure	475,2	545,9	635,6	700,5

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

Variante « efficacité énergétique - »

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	158,2	153,9	156,3
Tertiaire	131,3	132,6	134,0	134,9
Industrie	113,2	116,6	144,9	191,4
Transport	12,7	33,2	76,2	105,1
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	53,7	60,1	68,2
Production d'hydrogène	-	25,0	33,0	50,0
Consommation intérieure	475,2	527,4	610,2	713,8

Variante «hydrogène +»

en TWh	2019	2030	2040	2050
Résidentiel	159,8	151,5	140,1	134,3
Tertiaire	131,3	125,6	120,0	113,2
Industrie	113,2	112,7	132,7	163,6
Transport	12,7	33,8	74,0	92,8
Agriculture	8,4	8,2	8,0	7,8
Énergie (dont pertes réseau)	49,8	53,5	61,9	71,1
Production d'hydrogène	-	40,0	98,0	171,0
Consommation intérieure	475,2	525,3	634,6	753,7

Contexte socioéconomique

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Population France métropolitaine (millions)	64,8	69,0	69,0	69,0
Nombre de ménages (millions)	29,1	34,0	34,0	28,9
Nombre moyen de personnes par ménage	2,17	1,98	1,98	2,33
PIB (milliards d'euros 2019)	2 396	3 380	3 560	3 220
Part de la valeur ajoutée de l'industrie manufacturière dans le PIB	9,9%	10,0%	12,3%	9,5%

Secteur résidentiel

Consommation par usage

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Chauffage	45,1	33,7	33,7	29,3
Eau chaude sanitaire	22,5	17,7	17,7	12,5
Ventilation - climatisation	5,9	13,9	13,9	10,2
Froid et lavage	24,4	15,9	15,9	13,8
Technologies de l'information et de la communication	19,2	12,6	12,6	10,7
Cuisson	12,6	12,6	12,6	10,8
Éclairage	7,5	1,8	1,8	1,6
Autres usages	22,6	25,9	25,9	22,4
Total	159,8	134,3	134,3	111,3

Chauffage

	2019		2050	
		Référence	Réindustrialisation profonde	Sobriété
Part de chauffage électrique dans la construction neuve*	50%	80%	80%	80%
dont pompes à chaleur	20%	80%	80%	80%
Transferts annuels vers une solution électrique de chauffage* (milliers de logements)	65	180	180	180
Part de chauffage électrique dans le parc total dont pompes à chaleur	40 % <i>4</i> %	70 % 40 %	70 % 40 %	70 % 50 %
Nombre annuel de rénovations (milliers de logements)*	400	770	770	770
Gain moyen d'une rénovation*	-30%	-50%	-50%	-50%
COP moyen des pompes à chaleur**	2,7	3,6	3,6	3,6
Température moyenne de consigne	20°C	20°C	20°C	19°C

^{*} moyenne sur 10 ans pour 2019 ; moyenne 2020-2050 ** rendement système

Production d'eau chaude sanitaire

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Part de l'électricité pour l'eau chaude sanitaire dans le parc total dont chauffe-eau thermodynamiques ou pompes à chaleur double service	50 % 5 %	70 % 50 %	70 % 50 %	70 % 40 %
Besoin moyen d'eau chaude (L/pers./jour)	37	37	37	25

Climatisation et ventilation

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Taux d'équipement en climatisation	22%	55%	55%	45%
Taux d'équipement en VMC dans les maisons individuelles	55%	100%	100%	100%

Secteur tertiaire

Consommation par usage

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Chauffage	17,1	13,8	14,0	10,4
Ventilation - climatisation	19,8	22,1	22,4	20,1
Eau chaude sanitaire	6,7	5,4	5,4	4,6
Cuisson	4,3	7,2	7,2	7,2
Froid	9,5	6,1	6,2	5,4
Éclairage	19,7	7,3	7,4	5,7
Autres usages spécifiques dont data centers en colocation	30,0 3,5	31,5 9,5	31,8 9,5	22,5 <i>7,6</i>
Hors bâti	24,2	19,9	20,0	19,2
Total	131,3	113,2	114,5	95,0

Consommation par branche

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Cafés, hôtels, restaurants	13,1	12,8	12,8	11,3
Habitat communautaire	4,2	5,1	5,1	4,6
Santé, action sociale	9,3	8,5	8,4	7,4
Enseignement, recherche	5,2	6,0	6,0	5,4
Sport, loisirs, culture	7,1	6,1	6,1	5,3
Bureaux, administration	37,8	33,7	34,1	23,2
Commerce	27,5	18,9	19,7	16,6
Bâtiments du transport	3,0	2,2	2,2	1,9
Hors bâti	24,2	19,9	20,0	19,2
Total	131,3	113,2	114,5	95,0

Surface par branche

en millions de m²	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Cafés, hôtels, restaurants	66	78	78	76
Habitat communautaire	73	105	105	103
Santé, action sociale	118	136	137	134
Enseignement, recherche	190	180	182	177
Sport, loisirs, culture	74	92	93	91
Bureaux, administration	234	235	239	134
Commerce	215	216	223	200
Bâtiments du transport	26	22	23	22
Total	998	1064	1080	937

Chauffage

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Part des surfaces chauffées à l'électricité	29 %	65%	65%	65%
dont pompes à chaleur	9%	60%	60%	60%
Part du chauffage électrique dans la construction neuve*	53%	80%	80%	80%
dont pompes à chaleur	30%	80%	80%	80%
Transferts annuels de surfaces vers une solution électrique* (millions de m²)	1,7	9,0	9,0	9,0
dont pompes à chaleur	0,4	7,0	7,0	7,0
Surface tertiaire rénovée (millions de m² par rapport à 2019)	-	750	750	700
Gain moyen d'une rénovation	-15%	-40 %	-40%	-40 %
Gain lié à l'évolution de la consigne de chauffage	-	0%	0%	-10%

^{*} moyenne sur 10 ans pour 2019 ; moyenne 2020-2050

Production d'eau chaude sanitaire

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Part de l'électricité pour l'eau chaude sanitaire dans le parc total	29%	65%	65%	65%
dont chauffe-eau thermodynamiques ou pompes à chaleur double service	2%	60%	60%	60%

Climatisation et ventilation

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Taux d'équipement en climatisation	32%	60%	60%	60%

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

Secteur industriel

Consommation par grand secteur

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Industrie agroalimentaire	20,9	37,4	41,8	31,8
Sidérurgie	11,2	28,6	43,4	27,7
Métallurgie et mécanique (hors automobile)	24,7	37,9	57,1	33,0
Minéraux et matériaux	9,6	15,5	19,7	13,3
Chimie et parachimie	21,1	27,1	37,2	26,4
Construction automobile	5,3	8,7	9,5	5,9
Industrie du papier et du carton	7,4	9,0	12,9	7,7
Industries diverses	13,0	16,0	17,2	14,9
Total	113,2	180,3	238,7	160,5

Taux d'électrification de la consommation finale énergétique de l'industrie (hors usage matière première)

En %	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Industrie agroalimentaire	35%	75%	76%	74%
Sidérurgie	20%	69%	68%	69%
Métallurgie et mécanique (hors automobile)	56%	85%	86%	84%
Minéraux et matériaux	19%	50%	53%	51%
Chimie et parachimie	24%	43%	44 %	42%
Construction automobile	52 %	75 %	74%	74%
Industrie du papier et du carton	23%	34%	41 %	31%
Industries diverses	46%	66%	67%	65%
Total	31%	62%	63%	61%

Valeur ajoutée

en milliards d'euros 2019	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Industrie agroalimentaire	43,7	60,1	66,9	50,8
Textile et habillement	5,3	6,8	7,0	6,6
Bois, papier	11,7	15,3	16,9	13,6
Chimie et pharmacie	33,0	52,8	75,9	49,6
Métallurgie et matériaux non métalliques	46,3	47,4	58,8	41,7
Automobile et autres matériels de transport	34,0	53,8	55,5	46,6
Produits électriques et électroniques	19,2	36,8	73,2	34,2
Machines et équipements	35,8	52,4	67,9	50,8
Autres produits manufacturés	9,2	11,7	14,5	11,5
Total	238,2	337,1	436,6	305,5

Solde commercial

en milliards d'euros 2019	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Industrie agroalimentaire	6,7	8,1	29,2	4,5
Textile et habillement	-12,6	-9,4	-10,4	-8,2
Bois, papier	-5,1	-7,0	-5,8	-4,3
Chimie et pharmacie	24,9	46,5	94,7	46,3
Métallurgie et matériaux non métalliques	-14,2	-21,5	-19,7	-12,1
Automobile et autres matériels de transport	29,0	68,5	74,2	72,5
Produits électriques et électroniques	-24,6	-36,0	39,2	-28,3
Machines et équipements	-7,3	-6,5	33,9	-5,4
Autres produits manufacturés	-23,6	-14,2	-8,1	-9,2
Total	-26,7	28,7	227,2	55,7

Production des industries grandes consommatrices d'énergie (en quantités physiques)

en millions de tonnes	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Acier	14,5	13,0	20,9	12,7
Aluminium	0,9	1,1	1,6	1,1
Sucre	4,6	4,2	5,3	4,0
Clinker	13,2	11,3	12,7	8,0
Verre	4,9	4,1	5,9	3,8
Papier-carton	7,3	7,3	8,7	6,1
Ammoniac	0,9	0,7	1,1	0,6
Chlore	1,0	0,9	1,2	0,8
Éthylène	2,7	1,6	2,0	1,5

Production de batteries

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Part de la demande de batteries satisfaite par une production en France	0%	50%	80%	50%

Taux d'incorporation de matières premières recyclées

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Acier	40%	80%	73%	83%
Aluminium	56%	70%	49%	73%
Verre	61%	80%	75%	86%
Papier	62%	87%	75%	87%
Plastiques	6%	35%	35%	40%

Décomposition de l'évolution de la consommation entre 2019 et 2050 selon les principaux effets

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Effet volume	-	48,3	95,6	33,5
Effet structure	-	-24,1	-29,8	-26,1
Recyclage acier	-	3,5	5,5	3,5
Recyclage - autres industries grandes consommatrices d'énergie	-	-2,8	-3,5	-2,9
Efficacité énergétique	-	-30,5	-38,3	-27,1
Electrification	-	46,9	61,8	42,4
PAC	-	4,1	5,1	3,7
Chaudières électriques	-	21,7	29,2	20,2
Total des effets	-	67,1	125,6	47,3

Secteur des transports

Consommation par moyen de transport

en TWh	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Transports ferroviaires	9,8	14,7	14,7	17,2
Aérien et maritime	0,2	0,6	0,6	0,5
Autres transports terrestres	1,9	1,9	1,9	1,9
Véhicules légers électriques	0,7	67,2	67,2	37,1
Bus/autocars électriques	0,1	6,0	6,0	13,5
Camions électriques	0,0	8,3	8,3	6,4
Total transports	12,7	98,7	98,7	76,6

Besoin de transport

	2019	2050		
		Référence	Réindustrialisation profonde	Sobriété
Besoin annuel moyen de transport/personne (km)	14 600	15 100	15 100	13 550
Trafic total de passagers (Gpkm)	947	1040	1040	935
Trafic total de marchandises (Gtkm)	335	430	430	375

Parts modales du transport de marchandises

	2019		2050	
		Référence	Réindustrialisation profonde	Sobriété
Rail	9,7%	12,4%	12,4%	20,0%
Route	88,3%	85,2%	85,2%	75,0%
Fluvial	2,0%	2,4%	2,4%	5,0%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Parts modales du transport de passagers

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Train	10,3%	13,7%	13,7%	20,9%
Métro, RER	1,1%	2,4%	2,4%	2,9%
Automobile	78,7%	70,2%	70,2%	52,7%
Deux-roues motorisé	1,5%	1,2%	1,2%	2,4%
Transport routier collectif	6,2%	8,1%	8,1%	16,7%
Aérien	1,7%	1,4%	1,4%	0,5%
Vélo	0,6%	3,0%	3,0%	3,9%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Véhicules légers

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Parc de véhicules légers (millions)	38,9	38,4	38,4	26,4
dont véhicules électriques ou hybrides rechargeables (millions)	0,3	35,9	35,9	24,2
Part des VE/VHR dans le parc automobile	0,7%	93,4%	93,4%	91,6%
Kilométrage annuel moyen par véhicule léger (km)	14 300	13 400	13 400	12 200
Consommation kilométrique d'électricité des véhicules électriques (kWh/km)	0,19	0,14	0,14	0,13
Consommation électrique des véhicules légers électriques (TWh)	0,7	67,2	67,2	37,1

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

Bus

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Flotte de bus (milliers)	28,2	64,0	64,0	168,4
dont bus électriques	0,5	51,2	51,2	134,8
Part des bus électriques dans la flotte	2%	80%	80%	80%
Kilométrage annuel moyen des bus (km)	40 600	40 600	40 600	40 600
Consommation kilométrique des bus électriques (kWh/km)	2,7	1,8	1,8	1,8
Consommation électrique des bus (TWh)	0,1	3,8	3,8	10,0

Autocars

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Flotte d'autocars (milliers) dont autocars électriques	72,5 <i>0,0</i>	90,6 <i>30,8</i>	90,6 <i>30,8</i>	143,6 <i>48,8</i>
Part des autocars électriques dans la flotte	0%	34%	34%	34%
Kilométrage annuel moyen des autocars (km)	30 200	30 200	30 200	30 200
Consommation kilométrique des autocars électriques (kWh/km)	3,5	2,4	2,4	2,4
Consommation électrique des autocars (TWh)	0,0	2,2	2,2	3,4

Camions

	2019	Référence	2050 Réindustrialisation profonde	Sobriété
Parc total de camions (milliers)	694	779	779	603
dont PTAC < 19 t	123	139	139	107
dont PTAC > 19 t	217	244	244	189
dont tracteurs routiers	353	397	397	307
Parc de camions électriques (milliers)	0	163	163	126
dont PTAC < 19 t	0	71	71	55
dont PTAC > 19 t	0	61	61	47
dont tracteurs routiers	0	32	32	25
Part des camions électriques dans le parc	0%	21%	21%	21%
Consommation kilométrique moyenne < 19 t (kWh/km)	1,6	0,9	0,9	0,9
Consommation kilométrique moyenne > 19 t (kWh/km)	1,8	1,1	1,1	1,1
Consommation kilométrique moyenne tracteurs routiers (kWh/km)	2,1	1,4	1,4	1,4
Kilométrage moyen < 19 t (milliers de km)	41	25	25	25
Kilométrage moyen > 19 t (milliers de km)	53	36	36	36
Kilométrage moyen tracteurs routiers (milliers de km)	94	91	91	91
Consommation électrique des camions (TWh)	0,0	8,3	8,3	6,4

BILANS ÉNERGÉTIQUES DES SCÉNARIOS DE MIX (chapitre 5)

MO -	- référence				
	2019	2030	2040	2050	2060
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	579,2	702,1	773,3	803,4
Consommation France (1)	475,2	508,2	567,1	645,0	645,0
dont power-to-gas pour usage final	0,0	25,0	33,0	50,0	50,0
Solde exportateur Pompage	56,7 6,5	67,3 3,4	81,7 16,6	12,7 21,3	29,7 21,2
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,3	15,4	30,6	43,9
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,0	0,8	2,0	2,0
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	9,3	42,2	34,7
Énergie écrêtée	0,0	0,0	11,2	19,5	26,9
Offre totale	538,4	579,2	702,1	773,3	803,4
Énergies renouvelables	114,7	204,2	480,4	725,6	747,1
Hydraulique	59,5	65,6	76,1	79,8	79,8
dont STEP	5,5	2,8	13,3	17,0	17,0
Éolien	33,9	86,7	230,7	372,8	376,8
dont éolien terrestre	33,9	68,3	110,1	149,3	153,5
dont éolien en mer	0,0	18,4	120,6	223,5	223,5
Solaire Bioénergies (2)	11,6 9,7	42,3 9,6	159,5 9,8	254,5 9,8	269,2 9,8
Énergies marines	0,0	0,0	4,3	8,7	11,5
Nucléaire	379,0	343,2	197,2	0,0	0,0
Nucléaire existant	379,0	343,2	197,2	0,0	0,0
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	31,5	9,9	18,3	14,9
Méthane	38,6	29,2	4,4	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	3,7	16,0	13,1
Flexibilités (4)	0,0	0,3	14,6	29,4	41,4
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,1	0,0 0,7	0,0 1,9	0,0
Vehicle-to-grid (injection) Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	13,9	27,5	1,9 39,5
Datteries stationnaires (injection)	0,0	0,2	13,9	27,3	39,3
Capacité installée (GW)					
Énergies renouvelables	53,0	101,9	250,5	379,0	394,0
Hydraulique	25,5	26,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	33,2	54,7	74,0	76,0
Éolien en mer	0,0 9,4	5,2	33,9	62,0	62,0
Solaire Bioénergies	1,6	35,1 1,9	130,3 1,9	208,0 1,9	220,0 1,9
Énergies marines	0,0	0,0	1,5	3,0	4,0
Nucléaire	63,1	57,6	35,0	0,0	0,0
Nucléaire existant	63,1	57,6	35,0	0,0	0,0
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	12,9	11,8	29,7	33,3
Méthane	12,1	11,5	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Hydrogène	0,0	0,0	6,3	28,7	32,8
Flexibilités (5)	0.0	0.5	12.0	25.6	26.5
Batteries stationnaires Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	0,5	12,9 10,0	25,6	36,5
Flexibilités de consommation	0,0	6,5	10,0	21,0	21,0
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	0,9	3,6	5,9	5,9
dont verncules electriques (regers et lourus) dont eau chaude sanitaire	1,9	1,7	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,8	3,4	4,1	4,1
Capacités d'import	11,0	22,3	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	27,2	34,8	44,5	44,5
·					

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

	référence				
	2019	2030	2040	2050	2060
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	587,4	676,4	755,3	822,1
Consommation France (1)	475,2	508,2	567,1	645,0	645,0
dont power-to-gas pour usage final	0,0	25,0	33,0	50,0	50,0
Solde exportateur	56,7	75,4	73,1	20,7	34,6
Pompage	6,5	3,5	16,2	20,9	21,5
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,3	9,9	24,1	48,3
Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	0,8	2,0	2,0
Énergie écrêtée	0,0	0,0	2,3 7,0	27,5 15,1	37,0 33,7
Offre totale	538,4	587,4	676,4	755,3	822,1
Énergies renouvelables	114,7	204,2	413,4	628,2	750,8
Hydraulique	59,5	65,6	75,7	79,5	80,0
dont STEP	5,5	2,8	12,9	16,7	17,2
Éolien	33,9	86,7	175,7	281,1	346,0
dont éolien terrestre	33,9	68,3	<i>97,9</i>	118,7	142,8
dont éolien en mer	0,0	18,4	77,8	162,4	203,2
Solaire	11,6	42,3	150,8	254,9	312,1
Bioénergies (2)	9,7	9,6	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	0,0	1,4	2,9	2,9
Nucléaire	379,0	352,9	245,9	90,7	10,2
Nucléaire existant	379,0	352,9	245,9	90,7	10,2
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	30,0	7,5	12,8	15,7
Méthane	38,6	27,8	4,8	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	0,9	10,5	13,9
Flexibilités (4)	0,0	0,3	9,6	23,6	45,4
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,0	0,7	1,9	1,9
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,2	8,9	21,7	43,5
Capacité installée (GW)					
Énergies renouvelables	53,0	101,9	227,8	351,0	422,5
Hydraulique	25,5	26,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	33,2	48,7	59,0	71,0
Eolien en mer	0,0	5,2	21,9	45,0	56,5
Solaire	9,4	35,1	126,6	214,0	262,0
Bioénergies 	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9
Énergies marines	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0
Nucléaire	63,1	59,4	43,1	15,5	1,6
Nucléaire existant EPR2	63,1 0,0	59,4 0,0	43,1 0,0	15,5	1,6
EPRZ SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ык Гhermique	18,6	12,9	8,6	0,0 20,5	0,0 34,2
Méthane	12,1	11,5	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Hydrogène	0,0	0,0	3,1	19,5	33,7
Flexibilités (5)			J, ±	15,5	33,,
Batteries stationnaires	0,0	0,5	9,1	20,6	39,9
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	8,5	17,0	17,3
Flexibilités de consommation	-,-	-,-	-,-	2.,5	10
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	0,9	4,7	7,7	8,0
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,8	3,4	4,1	4,1
	11,0	22,3	29,7	39,4	39,4
Capacités d'import	11,0				

M23 -	- référence	9			
	2019	2030	2040	2050	2060
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	587,4	676,0	726,3	770,9
Consommation France (1)	475,2	508,2	567,1	645,0	645,0
dont power-to-gas pour usage final Solde exportateur	<i>0,0</i> 56,7	25,0 75,4	<i>33,0</i> 79,1	50,0 17,2	50,0 32,8
Pompage	6,5	3,5	16,1	19,4	20,4
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,3	4,8	13,1	22,3
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,0	0,8	2,0	2,0
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	3,8	24,1	30,5
Énergie écrêtée	0,0	0,0	4,3	5,5	17,9
Offre totale	538,4	587,4	676,0	726,3	770,9
Énergies renouvelables	114,7	204,2	420,4	610,3	726,2
Hydraulique dont STEP	59,5 <i>5,5</i>	65,6 <i>2,8</i>	75,7 12,9	78,2 <i>15,5</i>	79,0 16,3
Éolien	33,9	<u>2,8</u> 86,7	230,0	360,6	442,3
dont éolien terrestre	33,9	68,3	109,3	145,3	169,6
dont éolien en mer	0,0	18,4	120,7	215,3	272,7
Solaire	11,6	42,3	103,5	153,0	183,6
Bioénergies (2)	9,7	9,6	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	0,0	1,4	8,7	11,5
Nucléaire	379,0	352,9	242,8	91,1	9,8
Nucléaire existant	379,0	352,9	242,8	91,1	9,8
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	30,0	7,7	11,2	13,0
Méthane Fioul	38,6	27,8	4,4	0,5	0,0
Charbon	2,3 1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	2,2	1,8	1,8	0,0 1,8
Hydrogène	0,0	0,0	1,5	8,9	11,2
Flexibilités (4)	0,0	0,3	5,1	13,7	21,9
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,0	0,7	1,9	1,9
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,2	4,4	11,8	20,0
Capacité installée (GW)					
Énergies renouvelables	53,0	101,9	203,3	292,0	346,0
Hydraulique	25,5	26,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	33,2	54,2	72,0	84,0
Eolien en mer Solaire	<i>0,0</i> 9,4	5,2 35,1	33,9 84,6	60,0 125,0	76,0 150,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9
Énergies marines	0,0	0,0	0,5	3,0	4,0
Nucléaire	63,1	59,4	43,1	15,5	1,6
Nucléaire existant	63,1	59,4	43,1	15,5	1,6
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	12,9	9,1	21,4	30,7
Méthane	12,1	11,5	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Charbon Déchata (nort non renewalable)	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène	0,5 0,0	0,4	0,5	0,5 20,4	0,5
Flexibilités (5)	0,0	0,0	3,6	20,4	30,2
Batteries stationnaires	0,0	0,5	5,0	12,7	20,9
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	8,5	16,0	16,0
Flexibilités de consommation	-,-	- / -	-,-	- 3,0	-010
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	0,9	3,6	5,9	5,9
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,7	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,8	3,4	4,1	4,1
	11 0	22,3	29,7	39,4	39,4
Capacités d'import Capacités d'export	11,0 16,4	27,2	34,8	44,5	44,5

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

	référence				
	2019	2030	2040	2050	2060
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	587,4	652,8	709,2	739,3
Consommation France (1)	475,2	508,2	567,1	645,0	645,0
dont power-to-gas pour usage final	0,0	25,0	33,0	50,0	50,0
Solde exportateur	56,7	75,4	67,8	17,9	34,2
Pompage	6,5	3,5	15,3	18,8	20,1
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,3	0,0	8,6	12,6
Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	0,8	2,0	2,0
Énergie écrêtée	0,0	0,0	0,0 1,8	14,6 2,3	19,0 6,4
Offre totale	538,4	587,4	652,8	709,2	739,3
Énergies renouvelables	114,7	204,2	351,5	509,6	579,1
Hydraulique	59,5	65,6	75,0	77,9	78,9
dont STEP	5,5	2,8	12,2	15,1	16,1
Éolien	33,9	86,7	169,3	277,5	320,3
dont éolien terrestre	33,9	68,3	95,1	117,3	133,0
dont éolien en mer	0,0	18,4	74,2	160,2	187,3
Solaire	11,6	42,3	97,4	144,4	170,1
Bioénergies (2)	9,7	9,6	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	379,0	352,9	294,0	182,0	137,7
Nucléaire existant	379,0	352,9	251,2	92,4	10,3
EPR2	0,0	0,0	42,8	89,6	127,4
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique ⁽³⁾	44,7	30,0	6,5	8,0	9,2
Méthane	38,6	27,8	4,7	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	0,0	5,7	7,4
Flexibilités (4)	0,0	0,3	0,8	9,6	13,3
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,0	0,7	1,9	1,9
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,2	0,0	7,7	11,4
Capacité installée (GW)					
Énergies renouvelables	53,0	101,9	177,8	253,0	290,0
Hydraulique	25,5	26,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	33,2	47,2	58,0	66,0
Eolien en mer	0,0	5,2	20,9	45,0	53,0
Solaire	9,4	35,1	79,6	118,0	139,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9
Energies marines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	63,1	59,4	49,7	28,7	21,4
Nucléaire existant EPR2	63,1 0,0	59,4 0,0	43,1	15,5	1,6
EPRZ SMR	0,0	0,0	6,6	13,2	19,8
гик Гhermique	18,6	12,9	0,0 7,1	0,0 12,2	0,0 17,1
Méthane	12,1	11,5	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Hydrogène	0,0	0,0	1,6	11,2	16,6
Flexibilités (5)	-,-	-,-		,-	- 3,0
Batteries stationnaires	0,0	0,5	1,5	8,7	12,0
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	7,5	13,4	13,4
Flexibilités de consommation	- , -	-,-	,-	-,-	-,-
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	0,9	3,6	5,9	5,9
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,7	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,8	3,4	4,1	4,1
Capacités d'import	11,0	22,3	29,7	39,4	39,4
					44,5

Demande totale 538,4 587,4 619,8 689,3 699,3 Consommation France (11) 475,2 508,2 567,1 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 645,0 33,0 50,0 0	N2 -	référence				
Demande totale		2019	2030	2040	2050	2060
Consommation France (1) darh power-to-gas pour usage final 0,0 25,0 33,0 50,0 50,0 50,0 50 de exportateur 7 56,7 75,4 33,8 18,0 29,2 50 50 50,0 50 50 50 50,0 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50 50	Production (TWh)					
Montpower-to-gas pour usage final 0,0 25,0 33,0 50,0 50,0 29,2 Pompage 6,5 3,5 13,5 17,7 18,3 Batteries stationaires (soutirage) 0,0 0,3 0,0 0,3 0,2 Vehicle-to-grid (soutirage) 0,0 0,0 0,3 0,6 0,9 Vehicle-to-grid (soutirage) 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Vehicle-to-grid (soutirage) 0,0 0,	Demande totale	<u>, </u>	<u> </u>	<u>'</u>	/ -	<u>, </u>
Solice exportateur			,			
Pompage 6,5 3,5 13,5 17,7 18,3 17,2 18,3 13,5 17,7 18,3 17,2 18,3 17,5 17,7 18,3 17,5 17,7 18,3 17,5 17,5 18,3 17,5 17,5 18,3 17,5 17,5 18,3 17,5 17,5 18,3 17,5 17,5 18,3 17,5 17,5 18,3 18,5 17,5 17,5 18,3 18,5 17,5 17,5 18,3 18,5 17,5 17,5 18,3 18,5 17,5 17,5 18,3 18,5 18,5	, , , ,		<u> </u>			
Batteries stationnaires (soutirage) ### Country of the Country of						
Vehicle-to-grid (soutirage)					<u> </u>	
Energie écrétée 0,0 0,0 0,3 0,6 0,9				0,8		
Offre totale finergles renouvelables \$38,4 \$67,4 \$19,8 688,3 699,3 Hydraulique \$9,5 65,6 73,6 76,9 77,3 Éolien \$9,5 65,6 73,6 76,9 77,3 Éolien \$3,9 86,7 149,0 232,9 238,9 dont éolien en mer \$0,0 18,4 67,1 129,1 132,1 Solaire \$1,6 42,3 74,6 110,1 113,8 Bioénergies contraires \$9,7 9,6 9,8 9,8 9,8 Bioénergies contraires \$9,7 9,6 9,8 9,8 9,8 Bioénergies contraires \$9,0 \$9,8 9,8 9,8 9,8 Bioénergies contraires \$9,0 \$9,0 9,0 \$9,0 \$9,0 \$9,0 \$9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 9,8 1,8 1,8 <t< td=""><td><u> </u></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></t<>	<u> </u>					
Énergies renouvelables 114,7 209,2 307,0 429,7 439,8 Hydraullique dont STEP 5,5 2,8 10,8 14,2 14,6 Éolilen 33,9 66,3 81,9 103,8 106,8 dont éolien en mer 0,0 18,4 67,1 129,1 132,1 Solaire 11,6 42,3 74,6 110,1 113,8 Blochenergies marines 0,0			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
Hydraulique						
Capacités (James 1974 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,6 14,2 14,2 14,6 14,2 14,2 14,6 14,2		•		•		•
Éblien dont éollen terrestre dont éollen en mer 33,9 86,7 149,0 232,9 238,9 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 106,8 11,6 42,3 74,6 110,1 13,2 14,2 14,2 13,2	•					
dant éolien terrestre dont éolien en mer	Éolien					
Solaire 11,6 42,3 74,6 110,1 113,8 Bioénergies (?) 9,7 9,6 9,8 9,8 9,8 Energies marines 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 379,0 352,9 303,4 252,4 254,1 Nucléaire existant 379,0 352,9 255,8 93,1 10,7 EPR2 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Thermique (9) 44,7 30,0 8,6 4,1 3,3 Méthane 38,6 27,8 5,1 0,4 0,0 Filoul 2,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 1,6 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 2,2 1,8 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,1 7, 1,9 1,5 Flexibilités (9) 0,0 0,1 0,1 0,1 0,1 Vehicle-to-grid (Injection) 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 Batteries staionnaires (Injection) 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 Batteries staionnaires (Injection) 0,0 0,2 0,0 0,0 Capacité installée (GW) 5,8 6,5 33,2 40,5 5,9 6,6 7,8 8,5 7,8 8,5 Floile nerrestre 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Filoire pressuraires 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Filoire pressuraires 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 90,0 Solaire						
Bloénergies (10)	dont éolien en mer			67,1		132,1
Énergies marines 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 379,0 352,9 303,4 252,4 254,1 Nucléaire existant 379,0 352,9 258,8 93,1 10,7 EPR2 0,0 0,					· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Nucléaire 379,0 352,9 258,8 93,1 10,7	Bioénergies (2)					
Nucléaire existant \$79,0 \$35,9 \$28,8 \$9,1 \$10,7 \$70,0 \$10,						
EPR2				•		•
SMR						
Thermique (□) 44,7 30,0 8,6 4,1 3,3 Méthane 38,6 27,8 5,1 0,4 0,0 Floul 2,3 0,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 1,6 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 2,2 1,8 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 1,7 1,9 1,5 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,1 0,2 <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>						
Méthane 38,6 27,8 5,1 0,4 0,0 Fisioul 2,3 0,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 1,5 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 2,2 1,8 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 1,7 1,9 1,5 Flexibilités (°) 0,0 0,3 0,8 2,1 2,1 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,1 0,1 0,1 0,1 Vehicle-to-ogrid (injection) 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 Batteries statilée (GW) Energies renouvelables 53,0 101,9 150,6 209,6 215,0 Hydraullique 25,5 26,5 28,2 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1 30,1						
Floul	Méthane	•	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•	•	<u> </u>
Déchets (part non renouvelable) 2,2 2,2 1,8 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 1,7 1,9 1,5 Flexibilités (**) 0,0 0,1 </td <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td></td>			0,0	0,0	0,0	
Hydrogène				0,0	0,0	0,0
Flexibilités 0,0	Déchets (part non renouvelable)			<u> </u>		
Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,1 0,1 0,1 0,1 0,1 Vehicle-to-grid (injection) 0,0 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 1,8 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,2 0,0 0,2 0,2 0,2 0,2	, 5					
Vehicle-to-grid (injection) 0,0 0,0 0,7 1,8 1,8 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,2 0,0 0,2 0,2 Capacité installée (GW) Station and stat			•		•	
Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,2 0,0 0,2 0,2 0,2						
Capacité installée (GW) 53,0 101,9 150,6 209,6 215,0 Hydraulique 25,5 26,5 28,2 30,1 30,1 Éclien terrestre 16,5 33,2 40,5 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) 7,8 (8,5) Éclien en mer 16,5 33,2 40,5 51,5 53,0 Éclien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9<						
Énergies renouvelables 53,0 101,9 150,6 209,6 215,0 Hydraulique 25,5 26,5 28,2 30,1 30,1 Éolien terrestre 16,5 33,2 40,5 51,5 53,0 Éolien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,		-,-			- ,	
Hydraulique 25,5 26,5 28,2 30,1 30,1 dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) 7,8 (8,5) Éolien terrestre 16,5 33,2 40,5 51,5 53,0 Éolien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,1 1,9					200.4	
dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) 7,8 (8,5) Éolien terrestre 16,5 33,2 40,5 51,5 53,0 Éolien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 1,9 1,9 Énergies marines 0,0				,		
Éolien terrestre 16,5 33,2 40,5 51,5 53,0 Éolien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	, ,					
Éolien en mer 0,0 5,2 19,0 36,1 37,0 Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,1 1,9 1,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0	1 1 3 (3)					
Solaire 9,4 35,1 61,0 90,0 93,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 59,4 49,7 38,7 38,0 Nucléaire existant 63,1 59,4 43,1 15,5 1,6 EPR2 0,0 0,0 0,0 6,6 23,2 36,4 SMR 0,0 0,5	,					
Énergies marines 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 59,4 49,7 38,7 38,0 Nucléaire existant 63,1 59,4 43,1 15,5 1,6 EPR2 0,0 0,0 0,0 6,6 23,2 36,4 SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Thermique 18,6 12,9 8,4 5,5 5,1 Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 1,4 2,0 2,1 2,0 2,1 2	Solaire	9,4		61,0	90,0	93,0
Nucléaire 63,1 59,4 49,7 38,7 38,0 Nucléaire existant 63,1 59,4 43,1 15,5 1,6 EPR2 0,0 0,0 6,6 23,2 36,4 SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Thermique 18,6 12,9 8,4 5,5 5,1 Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0	, -			<u> </u>	1,9	
Nucléaire existant 63,1 59,4 43,1 15,5 1,6 EPR2 0,0 0,0 6,6 23,2 36,4 SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Thermique 18,6 12,9 8,4 5,5 5,1 Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 1,0 0,0 <t< td=""><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></t<>						
EPR2 0,0 0,0 6,6 23,2 36,4 SMR 0,0 <td></td> <td>•</td> <td>·</td> <td></td> <td></td> <td></td>		•	·			
SMR 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Thermique 18,6 12,9 8,4 5,5 5,1 Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (particules (particules électriques) 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (so 0,0 0,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont éau chaude						
Thermique 18,6 12,9 8,4 5,5 5,1 Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 Hydrogène 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (5) Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4						
Méthane 12,1 11,5 5,0 0,5 0,0 Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 Hydrogène 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (5) Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont etfacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4						
Fioul 3,0 1,0 0,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 Hydrogène 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (5) Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 <td>Méthane</td> <td>•</td> <td></td> <td>•</td> <td></td> <td></td>	Méthane	•		•		
Charbon 3,0 0,0 0,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,4 0,5 0,5 0,5 Hydrogène 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (5) Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4	Fioul					
Hydrogène 0,0 0,0 2,9 4,5 4,6 Flexibilités (5) Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont véhicules électriques (légers et lourds) 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4						
Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1				<u> </u>		
Batteries stationnaires 0,0 0,5 1,4 2,0 2,1 Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4	, 5	0,0	0,0	2,9	4,5	4,6
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,5 10,7 10,7 Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire dont chauffage résidentiel 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4		0.0	0.5	1 /	2.0	2 1
Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4						
dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 0,9 3,6 5,9 5,9 dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4		0,0	0,3	0,3	10,/	10,7
dont eau chaude sanitaire 1,9 1,7 1,4 1,2 1,2 dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4		0.0	0.9	3.6	5.9	5.9
dont chauffage résidentiel 0,1 0,0 0,0 0,2 0,2 dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4						
dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 2,8 3,4 4,1 4,1 Capacités d'import 11,0 22,3 29,7 39,4 39,4	dont chauffage résidentiel					
		2,4	2,8	3,4	4,1	4,1
Capacités d'export 16,4 27,2 34,8 44,5 44,5					<u> </u>	
	Capacités d'export	16,4	27,2	34,8	44,5	44,5

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

N03 -	référence	:			
	2019	2030	2040	2050	2060
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	606,1	658,8	677,4	695,4
Consommation France (1)	475,2	508,2	567,1	645,0	645,0
dont power-to-gas pour usage final	0,0	25,0	33,0	50,0	50,0
Solde exportateur	56,7	93,8	77,6	14,8	33,2
Pompage	6,5	3,8	13,3	15,7	15,3
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
/ehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,0	0,6	1,9	1,9
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
nergie écrêtée Offre totale	0,0 538,4	0,0 606,1	0,2 658,8	0,0 677,4	0,0 695 ,4
inergies renouvelables	114,7	204,4	277,7	335,3	347,9
Hydraulique	59,5	65,8	73,5	75,2	74,9
dont STEP	5,5 5,5	3,0	10,7	12,5	12,2
Eolien	33,9	86,7	129,3	164,6	177,5
dont éolien terrestre	33,9	68,3	78,6	86,7	86,7
dont éolien en mer	0,0	18,4	50,7	<i>77,</i> 9	90,9
folaire	11,6	42,3	65,1	85,7	85,7
ioénergies ⁽²⁾	9,7	9,6	9,8	9,8	9,8
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire Nucléaire	379,0	374,3	376,8	338,5	343,9
lucléaire existant	379,0	374,3	326,4	149,2	27,3
PR2	0,0	0,0	43,7	162,3	274,6
5MR	0,0	0,0	6,7	27,0	42,0
Thermique ⁽³⁾	44,7	27,1	3,7	1,8	1,8
1éthane	38,6	24,9	1,9	0,0	0,0
ioul	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	2,2	1,8	1,8	1,8
lydrogène	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Flexibilités (4)	0,0	0,3	0,6	1,8	1,8
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
/ehicle-to-grid (injection)	0,0	0,0	0,6	1,8	1,8
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
Capacité installée (GW)	F2 0	101.0	126.6	167.0	170.0
Énergies renouvelables	53,0	101,9	136,6	167,0	170,0
lydraulique dont STEP pompage (turbinage)	25,5	26,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	<i>4,3 (5)</i> 16,5	<i>4,3 (5)</i> 33,2	<i>5,9 (6,6)</i> 39,0	<i>7,8 (8,5)</i> 43,0	<i>7,8 (8,5</i> 43,0
Éolien en mer	0,0	5,2	14,3	22,0	25,0
Solaire	9,4	35,1	53,2	70,0	70,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9
Energies marines	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	63,1	63,0	63,4	51,6	50,7
Nucléaire existant	63,1	63,0	55,8	24,4	4,6
PR2	0,0	0,0	6,6	23,2	39,6
SMR	0,0	0,0	1,0	4,1	6,5
hermique	18,6	12,9	1,9	0,5	0,5
léthane	12,1	11,5	1,4	0,0	0,0
ioul	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
lydrogène	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
lexibilités ⁽⁵⁾					
Batteries stationnaires	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5
ower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) elexibilités de consommation	0,0	6,5	7,5	9,5	9,5
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	0,9	3,6	5,9	5,9
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,7	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,8	0,4	0,0	0,0
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	11,0	22,3	29,7	39,4	39,4
Capacités d'import	11,0	22,3	23,1	JJ, T	33,7

МО	- sobriété			
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	622,4	667,9	689,5
Consommation France (1)	475,2	508,8	554,6	554,6
dont power-to-gas pour usage final	0,0	31,0	47,0	47,0
Solde exportateur Pompage	56,7 6,5	87,7 16,8	26,1 20,4	37,7 20,3
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,0	25,3	33,6
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,5	1,4	1,4
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	27,2	25,3
Énergie écrêtée	0,0	8,6	12,9	16,6
Offre totale	538,4	622,4	667,9	689,5
Énergies renouvelables	114,7	417,0	631,2	646,5
Hydraulique	59,5	76,3	79,1	79,0
dont STEP	5,5	13,5	16,3	16,2
Éolien	33,9	200,9	321,7	328,3
dont éolien terrestre	33,9	99,6	135,5	138,0
dont éolien en mer	0,0	101,3	186,2	190,3
Solaire	11,6	125,7	211,9	217,9
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	4,3	8,7	11,5
Nucléaire Nucléaire existant	379,0	198,4 198,4	0,0	0,0
Nucleaire existant EPR2	379,0 0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	6,4	12,7	11,5
Méthane	38,6	4,6	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	10,4	9,7
Flexibilités (4)	0,0	0,6	24,0	31,5
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,1	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,5	1,3	1,3
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	22,7	30,2
Capacité installée (GW)				
Énergies renouvelables	53,0	215,3	332,5	340,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	49,6	67,5	69,0
Éolien en mer	0,0	28,6	52,0	53,0
Solaire	9,4	105,5	178,0	183,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
Énergies marines	0,0	1,5	3,0	4,0
Nucléaire	63,1	34,9	0,0	0,0
Nucléaire existant	63,1	34,9	0,0	0,0
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	7,8	20,3	21,8
Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0
Fioul Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Cnarbon Déchets (part non renouvelable)	3,0 0,5	0,0	0,0 0,5	0,0 0,5
Hydrogène	0,0	2,3	19,3	21,3
Flexibilités (5)	0,0	۷,5	17,5	21,3
Batteries stationnaires	0,0	1,9	21,9	29,0
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	16,2	16,2
Flexibilités de consommation	- / -	-10		/-
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,5	5,2	5,2
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,1	0,8	0,8
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
	2,4	3,4	4,1	4,1
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,7	-, -	,	,
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

	· sobriété			
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	619,6	643,0	694,6
Consommation France (1)	475,2	508,8	554,6	554,6
dont power-to-gas pour usage final	0,0	31,0	47,0	47,0
Solde exportateur	56,7	88,8	27,7	38,3
Pompage	6,5	16,2	19,9	20,9
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,0	16,7	31,6
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,5	1,4	1,4
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	14,5	25,8
Énergie écrêtée	0,0	5,3	8,2	22,0
Offre totale	538,4	619,6	643,0	694,6
nergies renouvelables	114,7	368,8	526,6	642,6
Hydraulique	59,5	75,7	78,7	79,5
dont STEP	5,5	12,9	15,9	16,7
Éolien	33,9	158,0	230,3	299,1
dont éolien terrestre	33,9	86,4	104,7	130,8
dont éolien en mer	0,0	71,6	125,6	168,3
Solaire	11,6	123,9	204,9	251,3
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	1,4	2,9	2,9
Nucléaire	379,0	246,5	91,9	10,4
Nucléaire existant	379,0	246,5	91,9	10,4
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Fhermique (3)	44,7	3,8	8,1	11,9
Méthane	38,6	2,0	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	5,8	10,1
Flexibilités (4)	0,0	0,5	16,4	29,7
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,1	0,0
/ehicle-to-grid (injection)	0,0	0,5	1,3	1,3
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	15,0	28,4
Capacité installée (GW)				
Énergies renouvelables	53,0	197,8	292,0	355,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5
Éolien terrestre	16,5	43,1	52,0	65,0
Éolien en mer	0,0	20,1	35,0	47,0
Solaire	9,4	104,0	172,0	211,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
Energies marines	0,0	0,5	1,0	1,0
Nucléaire	63,1	43,1	15,5	1,6
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
6MR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique Thermique	18,6	1,9	10,4	20,5
Méthane	12,1	1,4	0,5	0,0
ioul	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
lydrogène	0,0	0,0	9,4	20,0
lexibilités (5)				
Batteries stationnaires	0,0	0,5	15,4	26,9
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	13,5	14,2
Elexibilités de consommation	-,-	-1-	- /-	
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	4,5	6,7	6,7
	1,9	1,3	1,0	1,0
nont eau chailne sanitaire	1,0			
dont eau chaude sanitaire dont chauffage résidentiel	O 1	\cap \cap	n 2	7 7
dont chauffage résidentiel	0,1 2.4	0,0 2.7	0,2 4 1	0,2 4 1
	0,1 2,4 11,0	0,0 2,7 29,7	0,2 4,1 39,4	0,2 4,1 39,4

M23	- sobriété			
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	614,8	627,5	663,8
Consommation France (1)	475,2	508,8	554,6	554,6
dont power-to-gas pour usage final	0,0	31,0	47,0	47,0
Solde exportateur	56,7	88,2	26,9	38,0
Pompage Batteries stationnaires (soutirage)	6,5 0,0	15,2 0,0	18,3 10,3	19,3 20,2
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,5	1,3	1,4
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	13,1	19,5
Énergie écrêtée	0,0	2,1	3,0	10,8
Offre totale	538,4	614,8	627,5	663,8
Énergies renouvelables	114,7	362,9	517,8	625,0
Hydraulique	59,5	75,0	77,3	78,2
dont STEP	5,5	12,2	14,6	15,5
Éolien	33,9	190,4	297,0	370,7
dont éolien terrestre dont éolien en mer	33,9 0,0	96,5 93,9	126,7 170,3	148,3 222,4
Solaire	11,6	83,4	125,0	
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	4,3	8,7	11,5
Nucléaire	379,0	247,7	92,0	10,5
Nucléaire existant	379,0	247,7	92,0	10,5
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	3,7	7,2	8,8
Méthane Fioul	38,6	1,9	0,4	0,0
Charbon	2,3 1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	5,0	7,0
Flexibilités (4)	0,0	0,5	10,5	19,5
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,5	1,2	1,3
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	9,3	18,2
Capacité installée (GW)				
Énergies renouvelables	53,0	176,2	250,7	301,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	48,2	63,2	74,0
Éolien en mer	0,0	26,4	47,5	62,0
Solaire	9,4	70,0	105,0	130,0
Bioénergies — Énargies — Parings	1,6	1,9	1,9	1,5
Énergies marines Nucléaire	0,0 63,1	1,5 43,1	3,0 15,5	4,0 1,6
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	1,9	11,9	20,5
Méthane	12,1	1,4	0,5	0,0
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon Páchata (nort pop repouvalable)	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène	0,5 0,0	0,5 0,0	0,5 10,9	0,5 20,0
Flexibilités (5)	0,0	0,0	10,3	20,0
Batteries stationnaires	0,0	0,5	10,7	19,5
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	6,5	12,3	12,5
Flexibilités de consommation		*	•	
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,5	5,2	5,2
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,1	0,8	0,8
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,4	4,1	4,1
Capacités d'export	11,0	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

NI -	sobriété			
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	609,6	600,9	628,6
Consommation France (1)	475,2	508,8	554,6	554,6
dont power-to-gas pour usage final	0,0	31,0	47,0	47,0
Solde exportateur	56,7	85,4	24,7	39,1
Pompage	6,5	14,2	17,8	19,4
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,0	1,6	4,8
/ehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,5	1,3	1,4
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,0	0,0	5,8
nergie écrêtée	0,0	0,7	0,9	3,5
Offre totale	538,4	609,6	600,9	628,6
nergies renouvelables	114,7	309,2	412,0	479,0
lydraulique	59,5	74,1	77,0	78,3
dont STEP	5,5	11,3	14,2	15,5
olien	33,9	150,8	218,0	256,3
dont éolien terrestre	33,9	83,3	100,3	118,1
dont éolien en mer	0,0	67,5	117,7	138,2
Solaire	11,6	74,5	107,2	134,6
Bioénergies ⁽²⁾	9,7	9,8	9,8	9,8
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	379,0	296,2	183,9	139,9
Nucléaire existant	379,0	252,9	93,1	10,5
PR2	0,0	43,3	90,8	129,4
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	3,7	2,2	4,0
1éthane	38,6	1,9	0,4	0,0
ioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	0,0	2,2
ilexibilités ⁽⁴⁾	0,0			5,7
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0,5	2,8	
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,1	0,1
/ehicle-to-grid (injection)	0,0	0,5	1,2	1,3
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	1,5	4,3
Capacité installée (GW)				212.0
nergies renouvelables	53,0	153,3	205,0	242,6
lydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5
olien terrestre	16,5	41,6	50,0	59,0
Folien en mer	0,0	19,1	33,0	39,0
Solaire	9,4	62,5	90,0	113,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	63,1	49,7	28,7	21,4
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6
PR2	0,0	6,6	13,2	19,8
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique Thermique	18,6	1,9	2,8	6,7
1éthane	12,1	1,4	0,5	0,0
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0
	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	0,5	0,5	0,5	0,5
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène	0,0	0,0	1,8	6,2
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Hexibilités ⁽⁵⁾	0,0			
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Hexibilités ⁽⁵⁾ Batteries stationnaires	0,0	0,5	3,3	5,9
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0			
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation	0,0 0,0 0,0	0,5 6,5	3,3 9,3	5,9 9,5
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Dower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0 0,0 0,0	0,5 6,5 3,5	3,3 9,3 5,2	5,9 9,5 <i>5,2</i>
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Dower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire	0,0 0,0 0,0 0,0	0,5 6,5 3,5 1,1	3,3 9,3 5,2 0,8	5,9 9,5 5,2 0,8
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Dower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire dont chauffage résidentiel	0,0 0,0 0,0 0,0 1,9 0,1	0,5 6,5 3,5 1,1 0,0	3,3 9,3 5,2 0,8 0,2	5,9 9,5 5,2 0,8 0,2
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène Flexibilités (5) Batteries stationnaires Dower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire	0,0 0,0 0,0 0,0	0,5 6,5 3,5 1,1	3,3 9,3 5,2 0,8	5,9 9,5 5,2 0,8

N2 -	sobriété			
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	577,6	597,5	610,1
Consommation France (1)	475,2	508,8	554,6	554,6
dont power-to-gas pour usage final	0,0	31,0	47,0	47,0
Solde exportateur	56,7	55,4	25,9	37,8
Pompage	6,5	12,8	15,6	16,2
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,5 0,0	1,3 0,0	1,3 0,0
Énergie écrêtée	0,0	0,1	0,1	0,2
Offre totale	538,4	577,6	597,5	610,1
Énergies renouvelables	114,7	270,1	339,0	348,0
Hydraulique	59,5	73,0	75,2	75,7
dont STEP	5,5	10,2	12,5	13,0
Éolien	33,9	127,1	174,2	178,0
dont éolien terrestre	33,9	77,1	90,2	92,1
dont éolien en mer	0,0	50,0	84,0	85,9
Solaire	11,6	60,2	79,8	84,5
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines Nucléaire	0,0 379,0	0,0 303,2	0,0 255,5	0,0 259,1
Nucléaire existant	379,0	258,5	93,8	10,9
EPR2	0,0	44,7	161.7	248,2
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	3,8	1,8	1,8
Méthane	38,6	2,0	0,0	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	0,0	0,0
Flexibilités (4)	0,0	0,5	1,2	1,2
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,5	1,2	1,2
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	0,0	0,0
Capacité installée (GW)				
Énergies renouvelables	53,0	133,3	167,5	172,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	38,6	45,0	46,0
Eolien en mer	0,0	14,1	23,5	24,0
Solaire	9,4	50,5	67,0	71,0
Bioénergies Énergies marines	1,6	1,9	1,9	1,5
Nucléaire	0,0 63,1	0,0 49,7	0,0 38,7	0,0 38,0
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6
EPR2	0,0	6,6	23,2	36,4
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	1,9	0,5	0,5
Méthane	12,1	1,4	0,0	0,0
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
Hydrogène	0,0	0,0	0,0	0,0
Flexibilités (5)	0.0	0.5	0.5	0.5
Batteries stationnaires Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	0,5 6,5	0,5 9,0	0,5 9,0
Flexibilités de consommation	0,0	۵,۵	9,0	9,0
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,5	5,2	5,2
dont venicules electriques (regers et rourus) dont eau chaude sanitaire	1,9	1,1	0,8	0,8
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	2,0	4,1	4,1
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

Éolien terrestre 16,5 34,6 37,0 Éolien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5	612,3 594,1 608,5 508,8 554,6 554,6 31,0 47,0 47,0 91,2 25,0 39,6 11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,4 612,3 ,2 508,8 0 31,0 7 91,2 5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0,0	538,4 475,2 0,0 56,7 6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Demande totale Consommation France (1)
Demande totale	508,8 554,6 554,6 31,0 47,0 47,0 91,2 25,0 39,6 11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,2 508,8 0 31,0 7 91,2 5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0	475,2 0,0 56,7 6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Demande totale Consommation France (1)
Demande totale	508,8 554,6 554,6 31,0 47,0 47,0 91,2 25,0 39,6 11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,2 508,8 0 31,0 7 91,2 5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0	475,2 0,0 56,7 6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Consommation France (1) dont power-to-gas pour usage final Solde exportateur Compage Batteries stationnaires (soutirage) Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
20050mation France 10	31,0 47,0 47,0 91,2 25,0 39,6 11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,2 508,8 0 31,0 7 91,2 5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0	475,2 0,0 56,7 6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	dont power-to-gas pour usage final Solde exportateur Compage Batteries stationnaires (soutirage) Vehicle-to-grid (soutirage) Cower-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
Solde exportateur	91,2 25,0 39,6 11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	7 91,2 5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0,0	56,7 6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Solde exportateur Pompage Batteries stationnaires (soutirage) Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
Pompage 6,5	11,8 13,2 13,0 0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	5 11,8 0 0,0 0 0,5 0 0,0 0 0,0 0 0,0 ,4 612,3 ,7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	6,5 0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Pompage Batteries stationnaires (soutirage) Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
Satteries stationnalizes (soutirage) 0,0 0,0 0,0	0,0 0,0 0,0 0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	0, 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0	0,0 0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Batteries stationnaires (soutirage) /ehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
Nehicle-to-grid (Soutirage)	0,5 1,3 1,3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	0 0,5 0 0,0 0 0,0 ,4 612,3 ,7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	0,0 0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Vehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique Énergie écrêtée Offre totale
Power-to-gas pour le système électrique	0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	0 0,0 0 0,0 ,4 612,3 ,7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	0,0 0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Power-to-gas pour le système électrique Energie écrêtée Offre totale
Control Cont	0,0 0,0 0,0 612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	0 0,0 ,4 612,3 ,7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	0,0 538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Énergie écrêtée Offre totale
Offre totale 538,4 612,3 594,1 Energies renouvelables 114,7 22,7 249,6 Hydraulique 59,5 72,3 73,3 Solien 33,9 97,9 112,9 dont éolien terrestre 33,9 69,1 74,4 dont éolien en mer 0,0 28,8 38,5 Soloieregies (2) 9,7 9,8 9,8 Bicoregies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 379,0 380,4 341,5 Vucléaire existant 379,0 329,1 149,8 EPR2 0,0 44,5 164,1 SMR 0,0 6,8 27,6 Thermique (3) 44,7 3,7 1,8 Méthane 38,6 1,9 0,0 Toloul 2,3 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 0,0 Televichic-t-c-prid (injection)	612,3 594,1 608,5 227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,4 612,3 ,7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	538,4 114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	Offre totale
114,7 227,7 249,6 Hydraulique 59,5 72,3 73,3 Collien 33,9 97,9 112,9 dont STEP 33,9 97,9 112,9 dont éolien terrestre 33,9 69,1 74,4 dont éolien en mer 0,0 28,8 38,5 Siodiare 11,6 47,7 53,6 Siodiare 11,6 47,7 53,6 Siodiare 12,6 47,7 53,6 Siodiare 13,9 7,9 8,8 9,8 Energies marines 0,0 0,0 0,0 Vucléaire 379,0 380,4 341,5 Vucléaire existant 379,0 329,1 149,8 EPP2 0,0 44,5 164,1 SMR 0,0 6,8 27,6 Intermique 0) 44,7 3,7 1,8 Méthane 38,6 1,9 0,0 Charbon 1,6 0,0 0,0 Chiest (part non renouvelable) 2,2 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,5 1,2 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,0 0,0 Vehicle-to-grid (injection) 0,0 0,5 1,2 Datteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Capacité installée (6W) Targies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Collien en mer 0,0 8,1 111,0 Siodiere en mer 0,0 8,1 111,0 Siodiere gies marines 0,0 0,0 0,0 O,0 0,0 0,0	227,7 249,6 257,8 72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	7 227,7 5 72,3 5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	114,7 59,5 5,5 33,9 33,9	
Aydraulique 59,5 72,3 73,3 73,3 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 73,5 74,4 74,4 74,5 74,4 74,5 74,4 74,5 74,4 74,5 74,4 74,5 74,5 74,4 74,5	72,3 73,3 73,2 9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	72,3 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	59,5 <i>5,5</i> 33,9 <i>33,9</i>	inergies renouvelables
Collen	9,5 10,5 10,4 97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	5 9,5 9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	5,5 33,9 33,9	
Solien	97,9 112,9 121,2 69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	9 97,9 9 69,1 0 28,8 6 47,7	33,9 <i>33,9</i>	·
dont éolien terrestre dont éolien terrestre dont éolien en mer 0,0 28,8 38,5 38,5 Solaire 11,6 47,7 53,6 Bioénergies (10 9,7 9,8 9,8 9,8 Bioénergies marines 0,0 0,0 0,0 Uccléaire 379,0 380,4 341,5 Uccléaire existant 379,0 329,1 149,8 BP2 0,0 44,5 164,1 BMR 0,0 6,8 27,6 Thermique (1) 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 44,7 3,7 1,8 45,0 1,9 0,0 1,6 0,0 0,0 1,6 0,0 0,0 1,6 0,0 0,0 1,6 0,0 0,0 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,8 1,9 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 0,0 1,0 1,1 0,0	69,1 74,4 74,4 28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	9 69,1 0 28,8 6 47,7	33,9	
dont éolien en mer 0,0 28,8 38,5 Solaire 11,6 47,7 53,6 Soloinergies (2) 9,7 9,8 9,8 Sinèrgies marines 0,0 0,0 0,0 Viucléaire 379,0 380,4 341,5 Viucléaire existant 379,0 322,1 149,8 PR2 0,0 44,5 164,1 SMR 0,0 6,8 27,6 Thermique (3) 44,7 3,7 1,8 Méthane 38,6 1,9 0,0 Charbon 1,6 0,0 0,0 Charbon 1,6 1,9 1,9	28,8 38,5 47,1 47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	28,8 6 47,7		
Solaire	47,7 53,6 53,6 9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	6 47,7	0.0	
Sichergies (2)	9,8 9,8 9,8 0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	,		
Description	0,0 0,0 0,0 380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5			
Mucléaire 379,0 380,4 341,5 Mucléaire existant 379,0 329,1 149,8 EPR2	380,4 341,5 347,7 329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5			
Nucléaire existant 379,0 329,1 149,8 PPR2 0,0 44,5 164,1 SMR 0,0 6,8 27,6 Inemique (1) 44,7 3,7 1,8 Méthane 38,6 1,9 0,0 1,6 Charbon 1,6 0,0 0,0 Charbon 1,2 Charbon 1,3 Charbon 1,4 Charbon 1,4 Charbon 1,6 Charbon 1,6 Charbon 1,6 Charbon 1,6 Charbon 1,6 Charbon 1,0 Charbon	329,1 149,8 27,5 44,5 164,1 277,5	•		
PPR2	44,5 164,1 277,5			
SMR 0,0 6,8 27,6		<u>'</u>		
A4,7 3,7 1,8		<u> </u>		
Méthane 38,6 1,9 0,0 Flour 2,3 0,0 0,0 Charbon 1,6 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 Hydrogène 0,0 0,5 1,2 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Algorities (GW) 5 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,1 1,2 30,0 1,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 1,0 1,0 1,1				
Charbon Char			•	•
Charbon 1,6 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 2,2 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 O,0 0,5 1,2 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,0 0,0 Vehicle-to-grid (injection) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Capacité installée (GW) 0,0 0,0 0,0 Inergies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 Hydraulique 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) Solien terrestre 16,5 34,6 37,0 Solien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Sincergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire exista				
Déchets (part non renouvelable) 2,2 1,8 1,8 Hydrogène 0,0 0,0 0,0 Gelexibilités (*) 0,0 0,5 1,2 Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,0 0,0 O,0 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Capacité installée (GW) Energies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 Hydraulique 25,5 34,6 37,0 Hydraulique 25,5 34,2 34,6 37,0 Hydraulique 3,4	<u> </u>			
All Angle				
Comparison				,
Effacements (industriels et tertiaires) 0,0 0,0 0,0 Zehicle-to-grid (injection) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Capacité installée (GW) Energies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) Folien terrestre 16,5 34,6 37,0 Solaire n mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Solaires marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 1			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	, -
Vehicle-to-grid (injection) 0,0 0,5 1,2 Batteries stationnaires (injection) 0,0 0,0 0,0 Capacité installée (GW) Energies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) colien terrestre 16,5 34,6 37,0 colien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Siloénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 <	<u> </u>	•	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Capacité installée (GW) Capacité install				• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •
Capacité installée (GW) 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) folien terrestre 16,5 34,6 37,0 folien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Charbon 0,5 0,5 0,5		•		
Energies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 Collen terrestre 16,5 34,6 37,0 Collen en mer 0,0 8,1 11,0 Colaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Ochetets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5	0,0 0,0 0,0	0,0	0,0	Batteries stationnaires (injection)
Energies renouvelables 53,0 112,8 125,0 Hydraulique 25,5 28,2 30,1 Golien terrestre 16,5 34,6 37,0 Golien en mer 0,0 8,1 11,0 Golaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Ochetets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				Capacité installée (GW)
Algorithm	112,8 125,0 126,6	0 112,8	53,0	
dont STEP pompage (turbinage) 4,3 (5) 5,9 (6,6) 7,8 (8,5) Éolien terrestre 16,5 34,6 37,0 Éolien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5		•		-
Éolien terrestre 16,5 34,6 37,0 Éolien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				, .
Éolien en mer 0,0 8,1 11,0 Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Solaire 9,4 40,0 45,0 Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5				
Bioénergies 1,6 1,9 1,9 Énergies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5	<u> </u>			
Energies marines 0,0 0,0 0,0 Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
Nucléaire 63,1 63,4 51,6 Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Nucléaire existant 63,1 55,8 24,3 EPR2 0,0 6,6 23,2 SMR 0,0 1,0 4,1 Thermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
EPR2 0,0 6,6 23,2 6MR 0,0 1,0 4,1 7hermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5			·	
SMR 0,0 1,0 4,1 Flermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Floul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Fibermique 18,6 1,9 0,5 Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Méthane 12,1 1,4 0,0 Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Fioul 3,0 0,0 0,0 Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Charbon 3,0 0,0 0,0 Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
Déchets (part non renouvelable) 0,5 0,5 0,5				
łydrogène 0,0 0,0 0,0				
ilexibilités (5)		-,-		
Batteries stationnaires 0,0 0,5 0,5	0,5 0,5 0,5	0.5	0,0	
ower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) 0,0 6,5 8,7				
Flexibilités de consommation			-,0	
dont véhicules électriques (légers et lourds) 0,0 3,5 5,2	3,5 5,2 5,2	3 5	0.0	
dont eau chaude sanitaire 1,9 1,1 0,8				
dont ead chaude samtaire 1,9 1,1 0,0 0,2				
dont effacements (industriels et tertiaires) 2,4 0,4 0,0				
Capacités d'import 11,0 29,7 39,4				
Lapacites a import 11.0 /9.7 59.4	39,4 39,4 39,4 39,4 39,4 39,4 39,4 39,4		16,4	Capacités d'export

M0 - réindustrialisation profonde				
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	757,3	900,9	923,9
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7
Solde exportateur	56,7	69,5	19,4	31,1
Pompage	6,5	15,8	21,8	21,4
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	16,4	32,0	48,4
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,6	2,0	2,0
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	14,8	46,4	37,6
Énergie écrêtée	0,0	8,8	27,6	31,7
Offre totale	538,4	757,3	900,9	923,9
Énergies renouvelables	114,7	527,6	850,9	863,0
Hydraulique	59,5	75,5	80,2	79,9
dont STEP	5,5	12,7	17,4	17,1
Éolien	33,9	267,7	454,5	461,7
dont éolien terrestre	33,9	122,1	178,3	178,4
dont éolien en mer	0,0	145,6	276,2	283,3
Solaire	11,6	170,3	297,7	300,1
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	4,3	8,7	11,5
Nucléaire	379,0	202,4	0,0	0,0
Nucléaire existant	379,0	202,4	0,0	0,0
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	11,9	19,3	15,5
Méthane	38,6	4,2	0,5	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0

1,6

2,2

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

0,0

1,8

5,9

15,4

0,0

0,6

14,8

0,0

1,8

17,0

30,7

0,0

1,9

28,8

0,0 1,8

13,7

45,4

0,0

1,9

43,5

Capacité installée (GW)				
Énergies renouvelables	53,0	276,6	451,0	455,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)
Éolien terrestre	16,5	61,0	89,0	89,0
Éolien en mer	0,0	41,0	77,0	79,0
Solaire	9,4	143,0	250,0	252,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
Énergies marines	0,0	1,5	3,0	4,0
Nucléaire	63,1	34,9	0,0	0,0
Nucléaire existant	63,1	34,9	0,0	0,0
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique	18,6	14,6	38,5	38,3
Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
Hydrogène	0,0	9,1	37,5	37,8
Flexibilités (5)				
Batteries stationnaires	0,0	13,9	27,1	40,9
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	17,7	30,5	30,5
Flexibilités de consommation				
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,9	5,9	5,9
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	3,4	5,1	5,1
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5

(1)(2)(3)(4)(5)(6) : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

Charbon

Hydrogène Flexibilités (4)

Déchets (part non renouvelable)

Batteries stationnaires (injection)

Vehicle-to-grid (injection)

Effacements (industriels et tertiaires)

	ialisation pr	O.O.I.u.C		
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	747,3	881,9	951,2
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7
olde exportateur	56,7	72,9	20,9	32,8
ompage	6,5	15,8	21,0	21,7
atteries stationnaires (soutirage) Yehicle-to-grid (soutirage)	0,0	14,6 0,6	33,8 2,0	59,8 2,0
Power-to-gravitoutrage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	3,8	31,0	38,1
inergie écrêtée	0,0	8,2	21,5	45,1
offre totale	538,4	747,3	881,9	951,2
inergies renouvelables	114,7	477,9	745,5	869,2
lydraulique	59,5	75,4	79,6	80,2
dont STEP	5,5	12,6	16,8	17,4
olien	33,9	214,9	347,1	408,2
dont éolien terrestre	33,9	103,1	139,0	160,8
dont éolien en mer	0,0	111,8	208,1	247,4
Solaire	11,6	176,4	306,1	368,1
ioénergies ⁽²⁾	9,7	9,8	9,8	9,8
nergies marines	0,0	1,4	2,9	2,9
lucléaire	379,0	247,9	90,4	10,2
lucléaire existant	379,0	247,9	90,4	10,2
PR2	0,0	0,0	0,0	0,0
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique ⁽³⁾	44,7	7,8	13,7	16,1
1éthane	38,6	4,5	0,5	0,0
ioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable) Hydrogène	2,2 0,0	1,8 1,5	1,8 11,4	1,8 14,3
ilexibilités ⁽⁴⁾	0,0	13,7	32,3	55,7
iffacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0
/ehicle-to-grid (injection)	0,0	0,6	1,9	1,9
Batteries stationnaires (injection)	0,0	13,1	30,4	53,8
	0,0	13/1	30/1	33,0
Capacité installée (GW)				
nergies renouvelables	53,0	261,4	417,0	490,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5
olien terrestre	16,5	51,1	69,0	80,0
olien en mer	0,0	31,6	58,0	69,0
Solaire	9,4	148,1	257,0	309,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
Energies marines	0,0 63,1	0,5 43,1	1,0 15,5	1,0
lucléaire Jucléaire existant	63,1	43,1	15,5 15,5	1,6 1,6
PR2	0,0	0,0	0,0	0,0
MR	0,0	0,0	0,0	0,0
hermique	18,6	9,2	26,7	34,9
Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0
ioul	3,0	0,0	0,0	0,0
harbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
lydrogène	0,0	3,7	25,7	34,4
lexibilités (5)	1,2	- / -	-,-	, .
atteries stationnaires	0,0	12,4	28,5	48,8
ower-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	15,2	26,8	26,8
lexibilités de consommation	, -	-,	-,-	-,-
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	5,0	7,6	7,6
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,6	1,4	1,4
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	3,4	5,1	5,1
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5

M23 - réindustrialisation profonde					
	2019	2040	2050	2060	
Production (TWh)					
Demande totale	538,4	733,1	846,6	890,1	
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7	
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7	
Solde exportateur	56,7	68,2	20,4	30,7	
Pompage Batteries stationnaires (soutirage)	6,5 0,0	14,7	19,8 15,9	20,5 26,7	
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	8,5 0,6	2,0	1,9	
Power-to-grav (southage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	6,8	28,4	35,8	
Énergie écrêtée	0,0	2,9	8,4	22,8	
Offre totale	538,4	733,1	846,6	890,1	
Énergies renouvelables	114,7	466,8	727,7	839,6	
Hydraulique	59,5	74,5	78,5	79,1	
dont STEP	5,5	11,7	15,8	16,4	
Éolien	33,9	265,6	448,5	527,3	
dont éolien terrestre	33,9	119,7	172,2	197,3	
dont éolien en mer	0,0	145,9	276,3	330,0	
Solaire	11,6	112,6	182,2	211,9	
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8	
Énergies marines	0,0	4,3	8,7	11,5	
Nucléaire	379,0	249,3	90,4	10,2	
Nucléaire existant	379,0	249,3	90,4	10,2	
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	
Thermique (3)	44,7	8,7	12,3	14,5	
Méthane	38,6	4,2	0,5	0,0	
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0	
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0	
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8	
Hydrogène Flexibilités ⁽⁴⁾	0,0	2,7	10,0	12,7	
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	8,3	16,2 0,0	25,8	
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,0 0,6	1,9	0,0 1,8	
Batteries stationnaires (injection)	0,0	7,7	14,3	24,0	
Capacité installée (GW)					
Énergies renouvelables	53,0	226,9	351,0	404,1	
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1	
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)	
Éolien terrestre	16,5	59,6	86,0	98,5	
Éolien en mer	0,0	41,1	77,0	92,0	
Solaire	9,4	94,6	153,0	178,0	
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5	
Énergies marines	0,0	1,5	3,0	4,0	
Nucléaire	63,1	43,1	15,5	1,6	
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6	
EPR2	0,0	0,0	0,0	0,0	
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0	
Thermique	18,6	10,7	29,9	39,1	
Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0	
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0	
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0	
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5	
Hydrogène	0,0	5,2	28,9	38,6	
Flexibilités (5)	0.0	0.1	15.0	25.2	
Batteries stationnaires Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	8,1 15,5	15,6 24,5	25,3	
Flexibilités de consommation	0,0	15,5	24,3	24,5	
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0.0	2.0	5,9	5,9	
dont venicules electriques (legers et lourus) dont eau chaude sanitaire	0,0 1,9	3,9 1,4	5,9 1,2	5,9 1,2	
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	1,2 0,2	
dont chaunage residentiel dont effacements (industriels et tertiaires)	0,1 2,4	3,4	5,1	5,1	
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4	
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5	
sapasico a expore	10, 1	31,0	11,5	11,5	

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	722,0	827,4	853,9
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7
Solde exportateur	56,7	68,5	19,8	31,3
Pompage	6,5	14,8	18,9	19,9
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	4,7	15,1	23,4
/ehicle-to-grid (soutirage) Power-to-gas pour le système électrique	0,0	0,6	2,0 16,2	2,0
źnergie écrêtée	0,0	0,0 2,0	3,7	17,4 8,2
Offre totale	538,4	722,0	827,4	853,9
Énergies renouvelables	114,7	416,3	623,1	686,4
Hydraulique	59,5	74,6	77,8	78,7
dont STEP	<i>5,5</i>	11,8	15,1	16,0
Eolien	33,9	220,4	358,1	397,9
dont éolien terrestre	33,9	103,2	140,1	157,4
dont éolien en mer	0,0	117,2	218,0	240,5
Solaire	11,6	111,5	177,4	200,0
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
Énergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	379,0	294,7	181,0	136,9
Nucléaire existant	379,0	251,7	91,9	10,2
EPR2	0,0	43,0	89,1	126,7
5MR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique (3)	44,7	6,2	7,9	7,7
Méthane Méthane	38,6	4,4	0,4	0,0
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
Hydrogène	0,0	0,0	5,7	5,9
Flexibilités (4)	0,0	4,8	15,4	22,9
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0
Vehicle-to-grid (injection)	0,0	0,6	1,9	1,9
Batteries stationnaires (injection)	0,0	4,2	13,5	21,0
Capacité installée (GW)				
inergies renouvelables	53,0	208,4	312,0	346,1
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5
Éolien terrestre	16,5	51,6	70,0	78,5
Éolien en mer	0,0	33,1	61,0	68,0
Solaire	9,4	93,6	149,0	168,0
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	63,1	49,7	28,7	21,4
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6
PR2	0,0	6,6	13,2	19,8
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0
Thermique Thermique	18,6	7,1	18,8	22,3
Méthane Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
lydrogène	0,0	1,6	17,8	21,8
ilexibilités ⁽⁵⁾				
Batteries stationnaires	0,0	4,9	14,7	21,6
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Clexibilités de consommation	0,0	13,4	21,7	21,7
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,9	5,9	5,9
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,4	1,2	1,2
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	3,4	5,1	5,1
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5

(1)(2)(3)(4)(5)(6) : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

N2 - réindustrialisation profonde							
	2019	2040	2050	2060			
Production (TWh)							
Demande totale	538,4	694,8	808,6	820,7			
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7			
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7			
Solde exportateur	56,7 6,5	41,8 13,2	19,8 17,4	30,7 18,2			
Pompage Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	5,5	10,9	11,0			
Vehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,6	1,9	1,9			
Power-to-gas pour le système électrique	0,0	1,7	5,8	5,4			
Énergie écrêtée	0,0	0,6	1,1	1,8			
Offre totale	538,4	694,8	808,6	820,7			
Énergies renouvelables	114,7	379,5	541,4	553,4			
Hydraulique	59,5	73,4	76,6	77,4			
dont STEP	5,5	10,6	13,9	14,6			
Éolien	33,9	200,9	313,3	317,4			
dont éolien terrestre	33,9	96,1	119,9	124,2			
dont éolien en mer	0,0	104,8	193,4	193,4			
Solaire	11,6	95,4	141,7	148,8			
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8			
Énergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0			
Nucléaire	379,0	302,7	251,7	252,2			
Nucléaire existant	379,0	258,2	92,8	10,6			
EPR2	0,0	44,5	158,9	241,6			
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0			
Thermique (3)	44,7	7,1	3,9	3,4			
Méthane	38,6	4,7	0,4	0,0			
Fioul	2,3	0,0	0,0	0,0			
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0			
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8			
Hydrogène	0,0	0,6	1,7	1,6			
Flexibilités (4)	0,0	5,5	11,6	11,7			
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0 1,8	0,0			
Vehicle-to-grid (injection) Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,6 4,9	9,8	1,8 9,9			
	0,0	1,5	5,0	3,3			
Çapacité installée (GW)							
Énergies renouvelables	53,0	187,9	265,0	272,6			
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1			
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5)			
Éolien terrestre	16,5	48,1	60,0	62,0			
Eolien en mer	0,0	29,6	54,0	54,0			
Solaire	9,4	80,1	119,0	125,0			
Bioénergies Énergies marines	1,6 0,0	1,9 0,0	1,9 0,0	1,5 0,0			
Nucléaire	63,1	49,7	38,7	38,0			
Nucléaire existant	63,1	43,1	15,5	1,6			
EPR2	0,0	6,6	23,2	36,4			
SMR	0,0	0,0	0,0	0,0			
Thermique	18,6	8,2	11,5	11,0			
Méthane	12,1	5,0	0,5	0,0			
Fioul	3,0	0,0	0,0	0,0			
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0			
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5			
Hydrogène	0,0	2,7	10,5	10,5			
Flexibilités (5)							
Batteries stationnaires	0,0	5,7	11,5	11,6			
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)	0,0	14,2	18,9	18,9			
Flexibilités de consommation							
dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,9	5,9	5,9			
dont eau chaude sanitaire	1,9	1,4	1,2	1,2			
dont chauffage résidentiel	0,1	0,0	0,2	0,2			
dont effacements (industriels et tertiaires)	2,4	3,4	5,1	5,1			
Capacités d'import	11,0	29,7	39,4	39,4			
Capacités d'export	16,4	34,8	44,5	44,5			

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾ : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

N03 - réindust	rialisation pi	oronae		
	2019	2040	2050	2060
Production (TWh)				
Demande totale	538,4	720,0	793,8	806,4
Consommation France (1)	475,2	631,4	751,7	751,7
dont power-to-gas pour usage final	0,0	63,9	86,7	86,7
Solde exportateur	56,7	74,2	19,5	32,6
Pompage	6,5	13,4	16,3	15,9
Batteries stationnaires (soutirage)	0,0	0,0	4,1	4,1
/ehicle-to-grid (soutirage)	0,0	0,6	1,9	1,9
Power-to-gas pour le système électrique nergie écrêtée	0,0	0,0 0,4	0,0 0,3	0,0
Offre totale	538,4	720,0	793,8	806,4
Energies renouvelables	114,7	337,7	449,9	457,2
Hydraulique	59,5	73,5	75,8	75,4
dont STEP	<i>5,5</i>	10,7	13,1	12,7
Eolien	33,9	170,9	247,6	251,1
dont éolien terrestre	33,9	89,4	108,1	108,5
dont éolien en mer	0,0	81,5	139,5	142,6
Solaire	11,6	83,5	116,7	120,9
Bioénergies (2)	9,7	9,8	9,8	9,8
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire Nucléaire	379,0	378,0	336,2	341,9
lucléaire existant	379,0	327,2	148,2	27,3
PR2	0,0	44,1	161,2	272,7
5MR	0,0	6,7	26,8	41,8
「hermique ⁽³⁾	44,7	3,7	2,2	1,8
1éthane	38,6	1,9	0,4	0,0
ioul	2,3	0,0	0,0	0,0
Charbon	1,6	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	2,2	1,8	1,8	1,8
lydrogène	0,0	0,0	0,0	0,0
Flexibilités (4)	0,0	0,6	5,5	5,5
Effacements (industriels et tertiaires)	0,0	0,0	0,0	0,0
/ehicle-to-grid (injection)	0,0	0,6	1,8	1,8
Batteries stationnaires (injection)	0,0	0,0	3,7	3,7
Capacité installée (GW)				
Energies renouvelables	53,0	167,9	223,5	226,6
Hydraulique	25,5	28,2	30,1	30,1
dont STEP pompage (turbinage)	4,3 (5)	5,9 (6,6)	7,8 (8,5)	7,8 (8,5
Éolien terrestre	16,5	44,6	54,0	54,0
Éolien en mer	0,0	23,1	39,5	39,5
Solaire	9,4	70,1	98,0	101,5
Bioénergies	1,6	1,9	1,9	1,5
nergies marines	0,0	0,0	0,0	0,0
Nucléaire	63,1	63,4	51,6	50,7
Nucléaire existant	63,1	55,8	24,3	4,6
EPR2	0,0	6,6	23,2	39,6
SMR	0,0	1,0	4,1	6,5
[hermique	18,6	1,9	3,1	0,5
4éthane	12,1	1,4	0,5	0,0
Flouring Charles	3,0	0,0	0,0	0,0
Charbon	3,0	0,0	0,0	0,0
Déchets (part non renouvelable)	0,5	0,5	0,5	0,5
lydrogène	0,0	0,0	2,1	0,0
lexibilités ⁽⁵⁾ satteries stationnaires	0.0	0.5		2.0
NACIEURS STATIONNAITES	0,0	0,5	5,5 17,5	3,8
	0,0	13,4	1/,5	17,5
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6)				
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation	0.0	2.0	5 O	<i>E</i> 0
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds)	0,0	3,9	5,9	5,9
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire	1,9	1,4	1,2	1,2
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire dont chauffage résidentiel	1,9 0,1	1,4 0,0	1,2 0,2	1,2 0,2
Power-to-gas (pour usage final et pour le système électrique) (6) Flexibilités de consommation dont véhicules électriques (légers et lourds) dont eau chaude sanitaire	1,9	1,4	1,2	1,2

(1)(2)(3)(4)(5)(6) : voir détails des notes de bas de page à la fin de ces annexes, page 916.

Notes sur les bilans électriques des scénarios

- (1) La consommation totale en France n'inclut pas le soutirage des moyens de flexibilité du système électrique (batteries, pompage, *power-to-gaz* pour le système électrique, *vehicle-to-grid*).
- (2) La catégorie bioénergies regroupe la biomasse, le biogaz et la part renouvelable des déchets.
- (3) Les moyens thermiques sont regroupés par type de combustible. La catégorie méthane regroupe le méthane fossile et le biométhane.
- (4) Seules les flexibilités ayant un impact sur le bilan énergétique annuel sont détaillées ici (la recharge des véhicules électriques hors *vehicle-to-grid*, l'eau chaude sanitaire et les électrolyseurs flexibles ne sont pas inclus).
- (5) La catégorie «Flexibilités» ne regroupe qu'une partie des flexibilités (batteries, électrolyse, flexibilité sur la consommation et capacités d'échange). La production flexible à partir de gaz renouvelable est intégrée dans le périmètre «Thermique». Les STEP sont intégrées dans le périmètre «Hydraulique».
- (6) La capacité affichée représente la capacité totale installée d'électrolyse. Les annexes sur la flexibilité de la demande et graphiques présentés dans le chapitre 7 affichent quant à eux la puissance moyenne effaçable de l'électrolyse. cf. partie 7.3.2

MODÉLISATION DES PAYS EUROPÉENS (chapitre 6)

Bilans électriques de l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Italie et l'Espagne, modélisés en 2050

		Europe (18 pays)¹	Allemagne	
TWh		2050	2050	
Demande totale		5735,8	1023,7	
Consommation		5493,8	985,3	
	dont power-to-gas (pour usage final pour soutien au système électrique)	1387,1	150,0	
Solde exportateur		0,0	0,0	
Stockages (STEP, batt vehicle-to-grid) (sout	teries stationnaires, irage)	242,0	38,4	
Offre totale		5735,8	1023,7	
Solde importateur		0,0	67,5	
Énergies renouvela	bles (hors EnR thermiques) ²	4730,1	819,3	
Éolien		2894,2	622,3	
	dont éolien terrestre	1441,2	357,8	
	dont éolien en mer	1453,1	264,5	
Solaire		1307,6	180,0	
Hydraulique et autres	EnR (hors EnR thermiques) ²	528,3	17,0	
Nucléaire		402,8	0,0	
Thermique (y.c. the	ermique décarboné) ³	400,9	105,7	
Flexibilités		202,1	31,2	
Stockages (STEP, batt vehicle-to-grid) (injec		202,1	31,2	
GW		2050	2050	
Offre totale		2956,7	563,7	
Énergies renouvela	bles (hors EnR thermiques) ²	2494,6	474,0	
Éolien		1150,4	272,1	
	dont éolien terrestre	734,2	193,0	
	dont éolien en mer	416,2	79,1	
Solaire		1206,9	196,6	
Hydraulique et autres	EnR (hors EnR thermiques) ²	137,3	5,3	
Nucléaire		61,1	0,0	
Thermique (y.c. the	ermique décarboné)³	242,6	74,7	
Flexibilités		158,4	15,0	
STEP		99,0	10,0	

Les valeurs affichées sont au périmètre de l'Europe modélisée de manière explicite dans l'étude Futurs énergétiques 2050. Elles incluent la France et dix-sept autres
pays (voir la figure 6.1 pour le détail) et correspondent à la configuration «A» (configuration de référence présentée dans le chapitre 6) pour les pays européens hors
France et à la configuration N2-référence pour la France.

59,4

^{2.} La production des STEP ainsi que la production thermique à partir de combustibles renouvelables n'est pas intégrée dans le périmètre «Énergies renouvelables». La production des STEP est comptabilisée dans le périmètre «Stockages» et la production thermique renouvelable est comptabilisée dans le périmètre «Thermique». La production des EnR est présentée en valeur nette des écrêtements de production.

^{3.} La production thermique regroupe l'ensemble des unités thermiques à flamme, quelque soit l'origine du combustible (renouvelable ou non).

Royaume-Uni	Italie	Espagne
2050	2050	2050
720,7	692,0	556,3
684,3	633,2	499,6
176,8	177,2	124,7
26,4	0,0	0,6
10,0	58,8	56,1
720,7	692,0	556,3
0,0	43,8	0,0
526,5	542,4	489,3
422,5	121,0	206,2
122,7	79,3	177,5
299,7	41,7	28,8
65,0	372,8	246,2
39,0	48,6	36,8
105,1	0,0	0,0
80,6	55,2	19,5
8,5	50,6	47,6
8,5	50,6	47,6
2050	2050	2050
275,4	472,2	325,4
217,0	416,9	281,6
132,3	73,5	99,3
60,3	56,1	88,2
72,0	17,4	11,1
70,0	325,4	165,5
14,7	18,0	16,8
15,9	0,0	0,0
38,5	25,0	13,8
4,1	30,3	29,9
4,0	7,6	9,5
0,0	22,7	20,4

HYPOTHÈSES RELATIVES À LA FLEXIBILITÉ DE LA CONSOMMATION (chapitre 7)

Hypothèses relatives à la flexibilité de la consommation, par usage, à l'horizon 2050

	Véhicules électriques (légers et lourds)	Eau chaude sanitaire (résidentiel)
Consommation annuelle de l'usage en 2019	<1 TWh	22 TWh
Puissance maximale naturelle appelée en 2019	Négligeable	7,5 GW
Consommation annuelle de l'usage en 2050	81 TWh	18 TWh
Puissance moyenne naturelle appelée en 2050	9 GW	2 GW
Puissance maximale naturelle appelée en 2050	37 GW	6 GW

M	lodalité de pilotage	Pilotage tarifaire statique	Pilotage dynamique	Vehicle-to-grid	Pilotage tarifaire statique	
	Coût d'activation	Aucun	Aucun	Aucun	Aucun	
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)	~40% à domicile	Négligeable	Négligeable	75%	
Situation en 2020			< 1 TWh		17 TWh	
	Puissance maximale effaçable (GW)		0,0 GW			
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)					
Configuration «Sans aucune flexibilité»	Énergie modulable ou effaçable (TWh/an)		Aucun asservissement			
nexibilite"	Puissance maximale effaçable (GW)					
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)	29%	0%	0%	50%	
Configuration « Flexibilité	Énergie modulable ou effaçable (TWh/an)	24 TWh	0 TWh	0 TWh	9 TWh	
très basse»	Puissance moyenne effaçable (GW)	3 GW	0 GW	0 GW	1,0 GW	
	Puissance maximale effaçable (GW)	7 GW	0 GW	0 GW	3,0 GW	
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)	22%	23%	2%	60%	
Configuration « Flexibilité	Énergie modulable ou effaçable (TWh/an)	18 TWh	19 TWh	1 TWh	11 TWh	
prudente »	Puissance moyenne effaçable (GW)	2,1 GW	2,1 GW	1,7 GW	1,2 GW	
	Puissance maximale effaçable (GW)	5,3 GW	6,0 GW	2,0 GW	3,6 GW	
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)	20%	40%	6%	75%	
Configuration « Flexibilité	Énergie modulable ou effaçable (TWh/an)	16 TWh	32 TWh	5 TWh	13 TWh	
médiane »	Puissance moyenne effaçable (GW)	1,8 GW	3,7 GW	5,8 GW	1,5 GW	
	Puissance maximale effaçable (GW)	4,7 GW	10,0 GW	6,5 GW	4,5 GW	
	Taux de pilotage (sur la conso annuelle)	11%	57%	20%	90%	
Configuration « Flexibilité	Énergie modulable ou effaçable (TWh/an)	9 TWh	46 TWh	16 TWh	16 TWh	
haute »	Puissance moyenne effaçable (GW)	1,0 GW	5,2 GW	20,2 GW	1,8 GW	
	Puissance maximale effaçable (GW)	3 GW	14 GW	23 GW	5,4 GW	

Chauffage (résidentiel)	Climatisation (résidentiel)	Procédés industriels	Tertiaire	Production d'hydrogène par électrolyse
45 TWh	4 TWh	113 TWh	131 TWh	~0 TWh
42,5 GW	15,3 GW	15,0 GW	33,9 GW	0 GW
34 TWh	7 TWh	180 TWh	113 TWh	50 TWh (hors besoins pour le système électrique)
4 GW	1 GW	21 GW	13 GW	5,7 GW
36 GW	16 GW	24 GW	36 GW	5,7 GW

Effacements longs (sur plusieurs heures) avec alternative de chauffe (y.c. PAC hybrides)	Effacements courts (~1 h) sans alternative de chauffe, report sur les 24 h suivantes (puissance de report décroissante)	Effacements courts (limite journalière en énergie : 2h par jour équivalent Pmax, pas d'effacement sur 2h d'affilée), report sur les 24h suivantes (puissance de report décroissante)	Effacement 8 h max avec report 0%, à toute heure (disponibilité modulée par la consommation industrielle), Fiabilité 100%	Effacement 1h max avec report 0%, en journée (de 7h à 19h), Fiabilité 100%	Électrolyseurs utilisés sur périodes de prix faibles	Électrolyseurs utilisés en bande et effaçables lors des tensions sur le système
Aucun	200 €/MWh	200 €/MWh	350 €/MWh	350 €/MWh	49 €/MWh	164 €/MWh
2%	0%	< 0,3%	18%	1%		-
0,2 TWh	< 0,1 TWh	0 TWh	< 0,1	. TWh	0 T	Wh
0,6 GW	0,1 GW	0 GW	2,7 GW	0,3 GW	0 (GW
	C hybrides facement	Aucun effacement	Aucun effacement	0%	Fonctionnement en bande Aucune modulation et aucun effacement	
0%	0%	0%	11%	1%	0%	50%
0 TWh	0 TWh	0 TWh	20 TWh	2 TWh	0 TWh	25 TWh
0 GW	0 GW	0 GW	2,3 GW	0,3 GW	0 GW	2,9 GW
0 GW	0 GW	0 GW	2,7 GW	0,5 GW	0 GW	2,9 GW
4%	0%	0%	19%	2%	86%	14%
1,3 TWh	0 GW	0 GW	34 TWh	2 TWh	43 TWh	7 TWh
0,2 GW	0 GW	0 GW	3,8 GW	0,3 GW	4,9 GW	0,8 GW
2,8 GW	0 GW	0 GW	4,5 GW	0,6 GW	4,9 GW	0,8 GW
4%	8%	8%	26%	3%	86%	14%
1 TWh	3 TWh	1 TWh	48 TWh	3 TWh	43 TWh	7 TWh
0,2 GW	0,4 GW	0,1 GW	5,4 GW	0,5 GW	4,9 GW	1 GW
2,8 GW	3,0 GW	1,3 GW	6,3 GW	1,0 GW	4,9 GW	1 GW
7%	25%	25%	35%	5%	100%	0%
3 TWh	9 TWh	1,7 TWh	63,1 TWh	5,2 TWh	50 TWh	0 TWh
0,4 GW	1,0 GW	0,2 GW	7,1 GW	0,8 GW	5,7 GW	0 GW
5,6 GW	9 GW	4,0 GW	8,4 GW	1,6 GW	5,7 GW	0 GW

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

HYPOTHÈSES RELATIVES À LA CONSOMMATION D'HYDROGÈNE (chapitre 9)

Consommation d'hydrogène par usage dans les trajectoires de référence et « hydrogène + »

		Aujourd'hui	2030		20	040
TWh H ₂ PCI/an			référence	hydrogène +	référence	hydrogène +
	Raffinage	4,1	3,7	3,7	2,3	2,3
	Raffinage - coproduction	8,9	7,9	7,9	4,9	4,9
	Ammoniac et engrais	7,2	5,9	5,9	5,5	5,5
Usages	Ammoniac et engrais - coproduction	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
matériaux	Chimie	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Chimie - coproduction	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	Divers industriel	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Sidérurgie	0,0	1,5	3,0	2,0	4,0
	Chaleur industrielle	0,0	3,0	4,9	3,7	8,7
	Chaleur industrielle - coproduction	7,9	7,6	7,6	6,7	6,7
Usages énergétiques	Injection H2 en mélange	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Transport routier	0,0	0,9	7,8	3,6	19,9
	Transport ferroviaire	0,0	0,3	0,5	0,5	1,1
	Transport maritime	0,0	0,0	0,0	0,3	3,0
Carburants de synthèse	Transport aérien	0,0	0,0	0,0	1,9	19,1
	Méthanation	0,0	0,0	0,0	1,0	3,0
Total usages	Total usages finaux (hors coproduction)	12,6	17,6	28,2	23,2	68,9
finaux	Total usages finaux (coproduction agrégée)	30,7	34,3	44,8	35,9	81,6
	M0 référence	0,0	0,0	0,0	6,5	
	M1 référence	0,0	0,0	0,0	1,6	
Équilibrage du système	M23 référence	0,0	0,0	0,0	2,7	
du systeme électrique	N1 référence	0,0	0,0	0,0	0,0	
	N2 référence	0,0	0,0	0,0	3,0	
	N03 référence	0,0	0,0	0,0	0,0	

2050 2060					
référence	hydrogène +	référence	hydrogène +		TWh H ₂ PCI/an
0,9	0,9	0,9	0,9	Raffinage	
1,9	1,9	1,9	1,9	Raffinage - coproduction	
4,9	4,9	4,9	4,9	Ammoniac et engrais	_
0,5	0,5	0,5	0,5	Ammoniac et engrais - coproduction	Usages
1,0	1,0	1,0	1,0	Chimie	— matériaux
0,6	0,6	0,6	0,6	Chimie - coproduction	
0,3	0,3	0,3	0,3	Divers industriel	
5,0	10,0	5,0	10,0	Sidérurgie	
6,4	22,1	6,4	22,1	Chaleur industrielle	
5,7	5,7	5,7	5,7	Chaleur industrielle - coproduction	
1,0	1,0	1,0	1,0	Injection H2 en mélange	Usages énergétiques
7,9	27,6	7,9	27,6	Transport routier	_
0,8	1,6	0,8	1,6	Transport ferroviaire	_
0,6	6,0	0,6	6,0	Transport maritime	
3,8	38,3	3,8	38,3	Transport aérien	Carburants de synthèse
2,0	6,0	2,0	6,0	Méthanation	
34,7	119,6	34,7	119,6	Total usages finaux (hors coproduction)	Total usages
43,4	128,4	43,4	128,4	Total usages finaux (coproduction agrégée)	finaux
29,5		24,3		M0 référence	
19,3		25,9		M1 référence	
16,9		21,4 M23		M23 référence	Équilibrage
10,2	,2 13,3			N1 référence	— du système électrique
3,4		2,7		N2 référence	
0,0		0,0		N03 référence	

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

Capacité installée d'électrolyseurs dans les différents scénarios

	Aujourd'hui	2030	2040	2050	2060
GWe		référence	référence	référence	référence
M0	0,0	6,5	10,0	21,0	21,0
M1	0,0	6,5	8,5	17,0	17,3
M23	0,0	6,5	8,5	16,0	16,0
N1	0,0	6,5	7,5	13,4	13,4
N2	0,0	6,5	8,5	10,7	10,7
N03	0,0	6,5	7,5	9,5	9,5

Volume d'hydrogène produit par électrolyse dans les différents scénarios

	Aujourd'hui	2030	2040	2050	2060
TWh H ₂ PCI/an		référence	référence	référence	référence
M0	0,0	18	30	64	59
M1	0,0	18	25	54	61
M23	0,0	18	26	52	56
N1	0,0	18	23	45	48
N2	0,0	18	26	38	37
N03	0,0	18	23	35	35



ANNEXES RELATIVES AUX COÛTS DE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU (chapitre 10)

PROJECTIONS DES BESOINS D'INVESTISSEMENT DANS LE RÉSEAU

Besoins d'investissement totaux sur le réseau de transport d'électricité, entre 2035 et 2050, selon les scénarios et les niveaux de demande

Données liées à la figure 10.30

en Md€ cumulés sur 2035-2050	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Sobriété	76	63	64	58	48	34
Référence	90	75	79	71	59	43
Réindustrialisation	112	95	103	93	79	63

Besoin d'investissements sur les réseaux de transport et de distribution entre 2020 et 2060, pour les six scénarios de mix dans la configuration de référence sur la consommation

Données liées à la figure 10.44

en Md€ cumulés sur 2020-2060	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Investissements sur les réseaux de						
Renouvellement	42	42	42	42	42	42
Ossature numérique	9	9	8	8	8	8
Grand transport	21	15	19	14	11	9
Réseaux régionaux	28	29	24	19	13	10
Raccordement offshore	48	41	57	38	27	18
Interconnexions	7	7	7	7	7	7
Investissements sur les réseaux de	distribution					
Investissements sur les réseaux de distribution existants	85	85	85	85	85	85
Investissements d'adaptations des réseaux	105	117	92	84	73	67

HYPOTHÈSES DE COÛTS DES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION ET DE CERTAINS USAGES (chapitre 11)

Coûts unitaires de technologies de production, de stockage, et du pilotage de la consommation

Tableau 1

Coûts unitaires des technologies de production existantes

	Amortissement et OPEX fixes	OPEX variables ¹
Technologies	€/kW/an	€/MWh
Nucléaire existant	186	10
CCG gaz fossile	101	20
TAC gaz fossile	74	30
TAC fioul	74	60
Charbon	124	15
Cogénération gaz	94	30
Biomasse bois existante	79	50
Hydraulique existant	121	-
Incinération déchets	123	-

€/kW/an	Coût des capacités renouvelables exploitées en 2020 et encore en service²							
	en 2020	en 2030	en 2040					
Photovoltaïque	227	153	133					
Éolien terrestre	168	161	152					

^{1.} Les coûts variables de fonctionnement dépendent des coûts des combustibles. Comme mentionné dans le document de consultation publique de l'étude, RTE a retenu les hypothèses du scénario Sustainable Development de l'AIE (World Energy Outlook 2020) pour les prix du gaz, du charbon, du fioul et du CO₂ en Europe, établies bien avant la crise de 2021-2022. Le prix du CO₂ est utilisé pour la simulation de l'appel aux groupes de production européens, mais les valorisations économiques de productions en France se font hors externalités : les OPEX variables du Tableau 1 correspondent à un prix bas des combustibles, et n'intègrent pas le prix du CO₂. Ces hypothèses n'ont toutefois pas d'impacts sur les coûts des scénarios à long terme dans la mesure où ceux-ci sont fondés sur une sortie des énergies fossiles.

^{2.} Les capacités des productions éoliennes et solaires exploitées en 2020 décroissent au fur et à mesure de leur durée de vie. Le coût de leur utilisation dépend de l'année et tient compte de cette décroissance ainsi que de la diminution progressive de leur coût entre les années 2000 et 2020. Ainsi en 2040 ne subsistent plus que les capacités installées les plus récentes, qui sont donc les moins coûteuses. En 2050 tout le parc existant est supposé avoir été respecté.

 Tableau 2
 Coûts unitaires des technologies de productions renouvelables (nouvelles installations)

				CAPE	EX (€/	kW)³		OPEX fixes (€/kW/an)			Durée de vie (ans)				OPEX variables			
Туре	Techno.	hypothèse	2020	2030	2040	2050	2060	2020	2030	2040	2050	2060	2020	2030	2040	2050	2060	(€/ MWhe)
		référence	1300	1 200	1 050	900	900	40	35	30	25	25						
	Éolien terrestre	basse	1300	710	620	530	530	40	22	18	16	16	25	30	30	30	30	-
		élevée	1300	1300	1300	1300	1300	40	40	40	40	40						
	Éolien	référence	2600	1700	1500	1300	1300	80	58	47	36	36						
Éolien	offshore	basse	2600	1300	1000	700	700	80	54	38	28	28	20	25	30	40	40	-
collen	posé	élevée	2600	2100	2000	1900	1900	80	65	60	55	55						
		référence	3100	2500	2200	1900	1900	110	80	60	50	50						-
	Éolien offshore	basse	3100	2100	1700	1300	1300	110	75	50	40	40	20	25	30	40	40	
	flottant	élevée	3100	2900	2700	2500	2500	110	90	80	70	70			ı			
		stress-test			3500					110					25			
		référence	747	597	517	477	477	11	10	9	8	8						
	PV au sol	basse	747	557	497	427	427	11	9	8	7	7	25	30	30	30	30	-
		élevée	747	612	562	527	527	11	10	10	9	9						
	D) (référence	1067	867	757	677	677	20	20	17	15	15						
PV	PV grande	basse	1067	817	697	597	597	15	15	15	15	15	25	30	30	30	30	-
	toiture	élevée	1067	897	827	767	767	20	20	20	20	20						
	D , (référence	2367	1917	1667	1487	1487	70	60	55	50	50	25					
	PV petite	basse	2367	1807	1527	1327	1327	70	60	50	50	50		30	30	30	30	-
	toiture	élevée	2367	1997	1827	1700	1700	70	65	60	60	60						
Hydrolien		référence	4790	2400	2150	1900	1900	450	380	328	275	275	25	25	25	25	25	-
Hydraulique	Hors STEP	référence			1000					15					70			-

^{3.} Hors intérêts intercalaires. Pour l'éolien offshore, les intérêts intercalaires sont supposés dépendre linéairement du taux d'actualisation, via un facteur 3 tenant compte de l'échéancier de construction (par ex : pour un taux de 4%, les intérêts intercalaires valent 3 X 4% = 12% des CAPEX) ; ils sont négligés pour les autres technologies.

Tableau 3 Coûts unitaires des technologies de production nucléaire

			CAP	EX (€/k	(W) 4		OPEX fixes	Durée de vie	OPEX variables
Production	hypothèse	2020	2030	2040	2050	2060	(€/kW/an)	(ans)	(€/MWh)
EPR Flamanville		11 900						60	8
Prolongations inférieures à 60 ans		65	50		440			10	10
	référence			5 035	4 505	4 505	100	60	
EPR2	basse			5 500	4 946	4 946			6
	élevée				7 900			60	
SMR	référence				5 500				10

Tableau 4 Coûts complets annuels du traitement-recyclage des combustibles nucléaires par scénario

	Coût complet annuel (M€/an)
M0	93
M1	93
M23	93
N1	870
N2	1160
N03	1328

Tableau 5 Coûts unitaires des technologies de production électrique par gaz de synthèse

	CAPEX (€/kW)	OPEX fixes (€/kW/an)	Durée de vie (ans)
CCG Hydrogène	1 100	40	40
TAC Hydrogène	800	20	30
CCG Méthane	900	40	40
TAC Méthane	600	20	30

^{4.} Hors intérêts intercalaires, sauf pour l'EPR de Flamanville. Pour les EPR2 et les SMR, les intérêts intercalaires sont supposés dépendre linéairement du taux d'actualisation, via un facteur 7 tenant compte de l'échéancier de construction (par ex : pour un taux de 4%, les intérêts intercalaires valent 7x4% = 28% des CAPEX)

Les coûts de combustibles sont endogènes à l'analyse ; ils s'élèvent à environ 120 €/MWh $_{PCI}$ pour l'hydrogène et 160 €/MWh $_{PCI}$ pour le méthane de synthèse (cf. chapitres 9 et 11).

 Tableau 6
 Coûts unitaires des technologies de production, stockage et réseaux d'hydrogène

				CAPEX			OPEX fixes	Durée de vie	OPEX variables
Technologie	Unité	2020	2030	2040	2050	2060	(€/kW/an)	(ans)	(€/MWh _{PCI})
Électrolyse	par kW électrique	1 313	641	574	507	440	12	20	
Stockages salins	par kWh _{PCI} de capacité			350			2	40	
Réseaux hydrogène**	par MWh _{PCI} soutiré								5

^{**} Par défaut, faute de disposer des implications détaillées sur les réseaux de gaz et d'hydrogène, faisant l'objet de travaux ultérieurs

Tableau 7 Coûts unitaires des technologies de stockage et pilotage de consommation

			CAPEX (€/kW)				OPEX fixes	Durée de vie
Production	hypothèse	2020	2030	2040	2050	2060	(€/kW/an)	(ans)
STEP				1 000			15	50
	référence	1 480	1 101	855	740	740		
Batteries stationnaires 4h	basse	1 284	855	616	568	568	30	15
	élevée	1 680	1 349	1 093	912	912		
Batteries	référence	537	406	332	315	315		
stationnaires 1 h (utilisées pour	basse	457	309	229	216	216	11	15
les réserves)	élevée	617	502	434	414	414		
Effacement							35	
V2G							30	

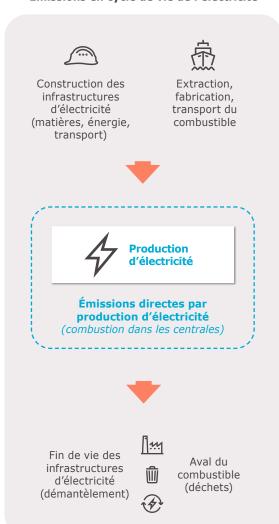
HYPOTHÈSES PRISES POUR RÉALISER LES ANALYSES ENVIRONNEMENTALES (chapitre 12)

Émissions de gaz à effet de serre directes, par secteur (émissions territoriales)

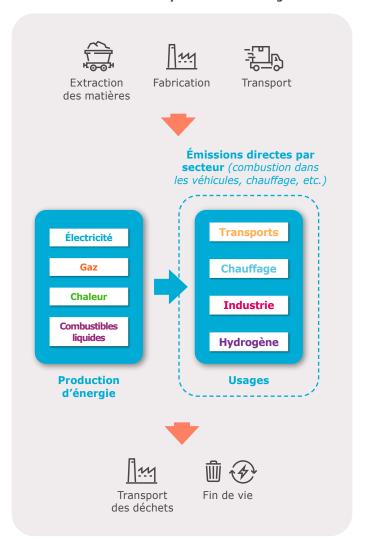
Les facteurs d'émissions indiqués dans cette partie correspondent aux gaz à effet de serre émis dans la phase d'usage des équipements, dites émissions directes. Ainsi, que ce soit pour la mobilité, le chauffage, l'industrie ou la production d'hydrogène, les émissions directes des usages fonctionnant à l'électricité, au réseau de chaleur ou à l'hydrogène

sont comptées comme nulles pour le secteur étudié. Pour autant, les émissions directes produites pour la production électricité ou les réseaux de chaleur sont comptées dans le secteur de la production d'énergie. Le périmètre retenu selon les secteurs correspond à celui utilisé dans l'inventaire national du CITEPA¹.

Émissions en cycle de vie de l'électricité



Émissions en cycle de vie des usages



1. Source : CITEPA

Les émissions produites pour la production de l'énergie utilisée, les phases de fabrication de l'infrastructure ou encore la gestion des déchets sont comptabilisées dans les émissions dites « en cycle de vie » (voir section suivante).

Les hypothèses concernant les carburants et le réseau de gaz sont précisées dans les tableaux suivants. Ainsi, dans tous les secteurs, plus le gaz fossile diminue dans le réseau de gaz au profit du biométhane, plus les facteurs d'émissions des équipements fonctionnant au gaz (centrales électriques, véhicules, chauffage, industrie, etc.) seront faibles. De façon similaire, plus le taux de pénétration des biocarburants est élevé, plus les facteurs d'émissions des véhicules thermiques seront faibles.

 Tableau 1
 Évolution de la part des différentes sources dans le réseau de gaz (hypothèses SNBC)

en %	2019	2030	2040	2050
Gaz fossile	99,9	88	46	0
Biométhane	0,1	11	37	100

Tableau 2 Évolution de la part des biocarburants (hypothèses SNBC)

en %	2019	2030	2040	2050
Biodiesel	7	12	56	100
Bioéthanol	7	12	56	100
Biokérosène	0	4	27	50

Les facteurs d'émissions utilisés pour l'analyse des émissions territoriales sont issus de la base carbone de l'ADEME et adaptés en fonction des consommations, rendements, etc., des appareils émissifs.

 Tableau 3
 Émissions directes de gaz à effet de serre du système électrique (périmètre CITEPA)

en kgCO ₂ eq/kWh	2019	2030	2040	2050
Nucléaire	0	0	0	0
CCG Gaz	0,356	0,317	0,224	0
TAC Gaz	0,534	0,475	0,337	0
Cogénération Gaz	0,495	0,441	0,312	0
CCG H ₂	0	0	0	0
TAC H ₂	0	0	0	0
Hydraulique	0	0	0	0
Charbon	0,855	0,855	0,855	0,855
Lignite	0,933	0,933	0,933	0,933
Fioul	0,769	0,769	0,769	0,769
Déchets (non renouvelables)	0,988	0,988	0,988	0,988
Éolien terrestre	0	0	0	0
Éolien en mer	0	0	0	0
Solaire	0	0	0	0
Bois ²	0	0	0	0
Biogaz ²	0	0	0	0
Déchets (renouvelables) ²	0	0	0	0

Les facteurs d'émissions des différents modes de déplacement ont été calculés à partir des facteurs d'émissions des combustibles de la base carbone de l'ADEME, des hypothèses de consommations énergétiques et de taux de pénétration des bioénergies issues de la SNBC publiée en 2020.

^{2.} Les émissions de CO₂ issues de la combustion de la biomasse sont considérées comme nulles dans l'étude, du fait que ces émissions sont équivalentes aux flux captés lors de sa croissance (cycle de CO₂ biogénique). Cette convention suppose une gestion durable de la biomasse.

Tableau 4 Émissions directes de gaz à effet de serre dans le secteur des transports (périmètre CITEPA)

Transport de personnes

en kgCO ₂ eq/km	2019	2030	2050
Véhicules particuliers³			
Essence	0,183	0,126	-
Essence hybride	0,155	0,107	0,0004
Diesel	0,158	0,113	-
Diesel hybride	0,134	0,096	0,0004
Gaz	0,131	0,088	0,0004
Électrique	0,000	0,000	0,000
Hybride rechargeable	0,052	0,040	0,0004
Autobus			
Diesel	0,550	0,529	-
Diesel hybride	0,138	0,134	0,0004
Gaz	0,388	0,320	0,0004
Électrique et H ₂	0,000	0,000	0,000
Autocars			
Diesel	0,706	0,741	-
Diesel hybride	0,178	0,187	0,0004
Gaz	0,561	0,448	0,0004
Électrique et H ₂	0,000	0,000	0,000
Autres transports de personnes			
Deux roues diesel	0,110	0,090	-
TER diesel	0,025	0,023	-
Autres transports électriques ou mécaniques (trains, métro, deux roues)	0,000	0,000	0,000

^{3.} La répartition citadine/berline est supposée constante entre 2019 et 2050 dans le scénario de référence, soit 70 %/30 %.

Les gisements de biomasse étant limités pour les usages énergétiques, le facteur d'émission nul est garanti uniquement si le nombre d'usages (chauffage, véhicules, industrie) consommant de la biomasse est limité pour pouvoir disposer d'une ressource renouvelable.

Transport de marchandises

en kgCO ₂ eq/km	2019	2030	2050
Camions			
Diesel			
PTAC < 19 t	0,592	0,516	-
PTAC > 19 t	0,720	0,610	-
Tracteurs routiers	0,902	0,737	-
Gaz			
PTAC < 19 t	0,341	0,274	0,0005
PTAC > 19 t	0,363	0,310	0,0005
Tracteurs routiers	0,721	0,554	0,0005
Électrique et H ₂	0,000	0,000	0,000
Véhicules utilitaires légers			
Essence	0,232	0,199	-
Essence hybride	0,197	0,169	-
Diesel	0,214	0,186	-
Diesel hybride	0,182	0,158	-
Gaz	0,171	0,127	0,0005
Électrique	0,000	0,000	0,000
Hybride rechargeable	0,066	0,063	0,000
Autres transports de personnes			
Train diesel	0,011	0,010	-
Train électrique	0,000	0,000	0,000
Diesel hybride Gaz Électrique Hybride rechargeable Autres transports de personnes Train diesel	0,182 0,171 0,000 0,066	0,158 0,127 0,000 0,063	0,000 ⁵ 0,000 0,000

^{5.} Les gisements de biomasse étant limités pour les usages énergétiques, le facteur d'émission nul est garanti uniquement si le nombre d'usages (chauffage, véhicules, industrie) consommant de la biomasse est limité pour pouvoir disposer d'une ressource renouvelable.

Tableau 5 Émissions directes de gaz à effet de serre du chauffage dans les bâtiments (périmètre CITEPA)

Facteurs d'émissions (en kgCO₂eq/kWh énergie finale)					
	2019	2030	2050		
Biomasse dont bois ⁶	0,000	0,000	0,0006		
Électricité ⁷ (chauffage joule)	0,000	0,000	0,000		
Gaz (dont biométhane)	0,202	0,182	0,0006		
Réseau de chaleur ⁷	0,000	0,000	0,000		
Solaire thermique	0,000	0,000	0,000		
Fioul	0,269	0,269	-		
Pompe à chaleur ⁶	0,000	0,000	0,000		
Autres	0,000	0,000	0,000		

^{6.} Les gisements de biomasse étant limités pour les usages énergétiques, le facteur d'émission nul est garanti uniquement si le nombre d'usages (chauffage, véhicules, industrie) consommant de la biomasse est limité pour pouvoir disposer d'une ressource renouvelable.

^{7.} Les émissions générées pour la production d'électricité ou la chaleur urbaine sont comptées dans le secteur de la production d'énergie (périmètre CITEPA).

Dans l'industrie manufacturière, les facteurs d'émissions ont été calculés à partir des données du CITEPA pour les émissions de procédés et les données de la base carbone de l'ADEME pour les émissions de combustion. Les facteurs d'émissions sont donnés selon la classification NCE couramment utilisée pour les études de consommations d'énergie.

 Tableau 6
 Émissions directes de gaz à effet de serre du secteur de l'industrie manufacturière (périmètre CITEPA)

Facteurs d'émissions (en gCO ₂ eq/euro de production)			
	2019	2030	2050
E12 - Industrie laitière	46	32	0
E13 - Sucreries	661	396	0
E14 - Industries agricoles et alimentaires (solde)	28	21	0
E16 - Sidérurgie	1 244	990	87
E18 - Métallurgie de 1 ^{re} transformation des métaux non ferreux	202	167	79
E19 - Production de minéraux divers	146	101	0
E20 - Fabrication de plâtres, produits en plâtre, chaux et ciments	3 2 3 5	2679	1779
E21 - Production d'autres matériaux de construction et de céramique	212	189	123
E22 - Industrie du verre	583	477	147
E23 - Fabrication d'engrais	1046	956	723
E24 - Autres industries de la chimie minérale	1630	1368	664
E25 - Mat. plastiques, caoutchoucs synthétiques et autres élastomères	52	29	0
E26 - Autres industries de la chimie organique de base	462	313	66
E28 - Parachimie et industrie pharmaceutique	10	7	0
E29 - Fonderie et travail des métaux	33	22	0
E30 - Construction mécanique	6	4	0
E31 - Construction électrique et électronique	9	6	0
E32 - Véhicules automobiles et autres matériels de transport terrestre	11	8	0
E33 - Construction navale et aéronautique, armement	4	2	0
E34 - Industrie textile, du cuir et de l'habillement	23	16	0
E35 - Industrie du papier et du carton	125	95	0
	33	26	0
E36 - Industrie du caoutchouc	33		
E36 - Industrie du caoutchouc E37 - Transformation des matières plastiques	20	14	0

Émissions de gaz à effet de serre et intensité matières (en cycle de vie)

Les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre ont été calculés à partir de modèles paramétrés⁸ développés avec le centre OIE MINES ParisTech. Le principe est de repartir de sources de référence (notamment base ecoinvent) mais de décomposer les émissions de gaz à effet de serre selon différents paramètres (durée de vie, technologie, rendement, intensité carbone des différentes phases de fabrication...). Ceci permet de vérifier la robustesse des données et projeter leur évolution dans le temps.

Plusieurs jeux d'hypothèses de paramètres ont été retenus pour disposer de facteurs d'émissions adaptés aux technologies, situations géographiques et horizons temporels étudiés. Les paramètres ainsi retenus correspondent à l'état moyen des technologies installées à l'horizon temporel d'étude. Par exemple, le rendement énergétique des panneaux photovoltaïques est supposé s'élever en moyenne à 15% en 2020 et à 25% en 2050, même si dès aujourd'hui, certains panneaux photovoltaïques ont des rendements bien supérieurs à 15%.

Les intensités matières ont été calculées également à partir des modèles paramétrés en analyse de cycle de vie. Ainsi, ces intensités reflètent les ressources immobilisées dans l'infrastructure mais aussi l'ensemble des autres ressources mobilisées et déplacées sur l'ensemble du cycle de vie de l'infrastructure (pour la fabrication, l'utilisation et la fin de vie de l'infrastructure). Toutefois la prise en compte des matières sur tout le cycle de vie a montré que les ressources mobilisées dans les infrastructures constituent la majorité des besoins en ressources.

Ces valeurs ainsi obtenues ont été comparées avec la littérature et lorsqu'elles divergeaient de façon trop importante pour des raisons autres que le cycle de vie, les valeurs issues de la littérature les plus récentes et consensuelles ont été retenues. Par exemple, le modèle génère une intensité matière de lithium pour une batterie nickel-manganèse-cobalt de 0,23 kg/kWh. Or cette valeur est surestimée par rapport à la littérature, qui établit l'intensité matière en lithium de ces batteries entre environ 0,1 et 0,14 kg/kWh. En effet, la base de données ecoinvent 3.6, dite d'arrière-plan du modèle, considère un besoin de 0,28 kg de lithium pour la fabrication d'un kilogramme de lithium carbonate9 (un des éléments intermédiaires pour la constitution des batteries), alors que la production d'un kilogramme de lithium carbonate nécessite maintenant 0,18 kg de lithium extrait¹⁰. Cette valeur a donc été revue à la baisse dans l'étude de RTE, en cohérence avec le consensus scientifique actuel.

^{8.} Les modèles paramétrés ont été développés par des outils issus du projet INCER-ACV, soutenu par l'ADEME

^{9.} Activité ecoinvent 3.6 "lithium carbonate production, from concentrated brine"

^{10.} USGS, Lithium Use in Batteries, Circular 1371, https://pubs.usgs.gov/circ/1371/pdf/circ1371_508.pdf

Sources utilisées

Le tableau ci-dessous recense les principales sources utilisées pour le calcul des facteurs d'émissions de gaz à effet de serre et les intensités matières, que ce soit comme inventaire en cycle de vie de base ou comme source pour le choix des paramètres.

Tableau 7 Principales sources

Technologies	
Nucléaire	ecoinvent 3.6, Bouygues construction (béton EPR Flamanville) ¹¹ ;
Photovoltaïque	ecoinvent 3.6, CGDD 2020 «Le photovoltaïque : choix technologiques, enjeux matières et opportunités industrielles» ; ADEME 2021 «Inventaire des besoins en matières, énergie, eau et sols des technologies de la transition énergétique», article REC ¹²
Éolien terrestre	Besseau et al. 2019^{13} ; Sacchi et al. 2019^{14} ; ADEME 2021 «Inventaire des besoins en matières, énergie, eau et sols des technologies de la transition énergétique»
Éolien en mer	Besseau et al. 2019 ; Sacchi <i>et al.</i> 2019, «Bilan carbone du parc éolien en mer de Fécamp» ¹⁵ ; Étude d'impact de la ferme pilote éoliennes flottantes de Gruissan ¹⁶ ; ADEME 2021 «Inventaire des besoins en matières, énergie, eau et sols des technologies de la transition énergétique»
Biogaz/biométhane	ecoinvent 3.6 ; Base carbone de l'ADEME ; Étude ACV du biométhane 2017 17 et mise à jour 2020 ;
Biomasse	ecoinvent 3.6
Charbon	ecoinvent 3.6
Gaz	ecoinvent 3.6
Batteries stationnaires	Schmidt et al. 2019 ¹⁸ ; IVL Swedish Environmental Research Institut 2019 ¹⁹
Batteries véhicules électriques	Schmidt et al. 2019; IVL Swedish Environmental Research Institut 2019

- 11. Bouygues construction, site officiel: https://www.bouygues-construction.com/realisations/epr-de-flamanville
- 12. RECgroup (2018), "REC leaves a lasting impression: How REC achieves a class-leading carbon footprint", (https://www.recgroup.com/sites/default/files/documents/wp_-_recs_class-leading_carbon_footprint.pdf)
- Besseau et al. (2019), "Past, present and future environmental footprint of the Danish wind turbine fleet with LCA_WIND_DK, an online interactive platform" (https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119301704)
- platform" (https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119301704)

 14. Sacchi et al. (2019), "Exploring technologically, temporally and geographically-sensitive life cycle inventories for wind turbines: A parameterized model for Denmark", (https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118310838)
- 15. Bilan Carbone® du parc éolien en mer au large de Fécamp (2013) : https://cpdp.debatpublic.fr/cpdp-fecamp/docs/documents-maitre-ouvrage/etude-bilan-carbone-fecamp.pdf
- 16. EIB (2018), Ferme pilote d'éoliennes flottantes et son raccordement au réseau public de transport d'électricité : https://www.eib.org/attachments/registers/133562379.pdf
- 17. GRDF (2017 et 2020), «Évaluation des impacts GES de l'înjection du biométhane dans les réseaux de gaz naturel», (https://www.grdf.fr/documents/10184/1502679/Evaluation+des+impacts+GES+de+l%E2%80%99injection+du+biom%C3%A9thane+dans+les+r%C3%A9seaux+rapport+final+et+r%C3%A9sum%C3%A9+07.04.2015.pdf/d1df4981-c7dc-460d-ad97-22a02d7eaa4a)
- Schmidt et al. (2019), "Additional Emissions and Cost from Storing Electricity in Stationary Battery Systems", (https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.8b05313)
- 19. IVL in cooperation with Swedish Energy Agency (2019), "Lithium-Ion Vehicle Battery Production Status 2019 on Energy Use, CO₂ Emissions, Use of Metals, Products Environmental Footprint, and Recycling", (https://www.ivl.se/download/18.14d7b12e16e3c5c36271070/1574923989017/C444.pdf)

Jeux d'hypothèses retenus pour générer les facteurs d'émissions de gaz à effet de serre et les intensités matières

Les intensités matières évoluent dans le temps au fil de l'amélioration supposée des performances technologiques ou de choix technologiques, décrits ci-après.

Les technologies de génératrices retenues pour les éoliennes terrestres et en mer (posé et flottant) sont les suivantes aux différents horizons d'études :

 Tableau 8
 Hypothèses relatives à la technologie d'alternateur des éoliennes

		2018		2030			2040				2050		
	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant										
Asynchrone	94%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	
Synchrone à rotor bobiné	3%	0%	0%	0%	50%	50%	0%	50%	50%	0%	50%	50%	
Synchrone à aimants permanents	3%	100%	100%	0%	50%	50%	0%	50%	50%	0%	50%	50%	

Les batteries stationnaires sont composées du mix de technologies suivant : 25% de NMC (nickel-manganèse-cobalt), 25% de NCA (nickel-cobalt-aluminium), 25% de LFP (lithium-fer-phosphate) et 25% de LTO (lithium-titanate-oxyde). Deux types de batteries sont utilisés dans les mix électriques : des batteries d'équilibrage (charge 4h) et des batteries de réserve (charge 1h).

Les batteries pour la mobilité sont supposées être des batteries nickel-manganèse-cobalt, avec une répartition des technologies (NMC333, NMC622, NMC811) qui évolue dans le temps. Différentes analyses de sensibilité ont en outre été menées sur ce point et sont restituées dans le rapport.

Tableau 9 Hypothèses relatives au passage des batteries NMC333 au NMC811 (batteries de véhicules électriques)

	2019	2020-2030	2030-2040	2040-2050	2050
NMC333	100%	70%	30%	0%	10%
NMC622	0%	30%	30 %	20%	30%
NMC811	0%	0%	40%	80%	60%

Les paramètres principaux retenus dans les modèles paramétrés sont décrits ci-dessous :

 Tableau 10
 Hypothèses d'évolution des paramètres principaux (dans les modèles paramétrés)

			Нура	thèses	pessim	istes	Нур	othèse	s média	ines
Technologie	Paramètre	Unité	2019	2030	2040	2050	2019	2030	2040	2050
	Facteur d'émission du mix électrique de fabrication	kgCO ₂ eq/ kWh	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	Part d'électricité dans l'énergie de fabrication	%	18	18	18	18	18	18	18	18
	Quantité d'énergie à la fabrication (NMC, NCA et LFP)	kWh/kg	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,29	7,58	6,88
Batteries	Quantité d'énergie à la fabrication de la batterie LTO	kWh/kg	22	22	22	22	22	16,00	11,00	7,04
	Densité énergétique LFP	kWh/kg	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15	0,18	0,20
	Densité énergétique LTO	kWh/kg	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,10	0,11
	Densité énergétique NCA, NMC	kWh/kg	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,18	0,22	0,25
	Mix gaz de l'énergie de fabrication					Foss	ilGas			

			Нурс	thèses	pessim	istes	Нур	othèse	s média	ines
Technologie	Paramètre	Unité	2019	2030	2040	2050	2019	2030	2040	2050
	Durée de vie des centrales gaz/biométhane/H ₂	années				30	ans			
	Facteur de charge des centrales gaz/biométhane/ $\mathrm{H_2}$			variabl	e selon	les anné	es et sc	énarios	de mix	
Production	Fuites de méthane dans le réseau de gaz	%	3	2	1	0	3	2	1	0
thermique gaz/H ₂ / biométhane	Rendement des centrales gaz/biométhane/ $\mathrm{H_2}$									
	Cycle combiné gaz	%	57	57	57	57	57	57	60	60
	Cogénération	%	41	41	41	41	41	41	41	41
	Turbine à combustion	%	38	38	38	38	38	40	40	40
	Rendement centrale biogaz	%	35	35	35	35	35	35	35	35

			Нурс	othèses	pessim	istes	Нур	othèse	s média	nes
Technologie	Paramètre	Unité	2019	2030	2040	2050	2019	2030	2040	2050
	Facteur d'émission du mix électrique de fabrication	kgCO ₂ eq/ kWh	1	1	1	1	1	1	1	1
	Facteur de charge du photovoltaïque	%		variable			s et les s % et 14,		de mix	
	Durée de vie du photovoltaïque	années	25	25	25	25	25	30	30	30
Photovoltaïque	Rendement module photovoltaïque	%	15	17	19	19	15	18	22	25
	Quantité d'électricité à la fabrication	kWh/kg	90	70	60	60	90	60	30	15
	Quantité d'argent	g/m²	9,60	8,47	7,58	7,58	9,60	8,11	6,62	5,96
	Épaisseur du wafer	μm	190	170	155	155	190	163	136	110

			Нурс	othèses	pessim	istes	Нур	othèse	s média	nes
Technologie	Paramètre	Unité	2019	2030	2040	2050	2019	2030	2040	2050
	Durée de vie d'une éolienne en mer	années	20	25	30	30	20	25	30	40
	Durée de vie d'une éolienne terrestre	années	25	25	30	30	25	30	30	30
Éolien	Facteur de charge éolien en mer		varia	able selo	n les an	nées-scé	narios d	e mix (e	nviron 40	0%)
Eonen	Facteur de charge éolien terrestre		variable selon les années-scénarios de mix (environ 23%						3%)	
	Part d'acier dans la fondation de l'éolienne en mer (posée)	%	10	10	10	10	10	10	10	10
	Part d'acier dans la fondation de l'éolienne terrestre	%	4	4	4	4	4	4	4	4

FUTURS ÉNERGÉTIQUES 2050 | RAPPORT COMPLET | FÉVRIER 2022

Volume d'infrastructures électriques et batteries de véhicules électriques à construire entre 2020 et 2050

Selon la durée de vie des infrastructures ou des équipements électriques, les besoins de construction peuvent être plus ou moins importants. Par exemple, les panneaux photovoltaïques ayant une durée de vie de 25 ans (dans les hypothèses des Futurs énergétiques 2050), les capacités installées

en 2020 devront être renouvelées en 2045. Ainsi, si les capacités installées de panneaux photovoltaïques sont de 208 GW en 2050 dans le scénario M23, le besoin de capacité à construire entre 2020-2050, tenant compte des besoins de renouvellement, est de 222 GW.

Tableau 11 Volume de capacités à construire sur la période 2020-2050 pour le système électrique dans le scénario de référence

Entre 2020-2050 - Scénario	de référence					
En GW	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Nucléaire	0	0	0	13	23	23
Éolien terrestre	83	68	81	67	61	52
Éolien en mer posé	26	19	25	19	16	11
Éolien en mer flottant	39	28	38	28	23	14
Photovoltaïque au sol	132	114	89	86	61	49
Photovoltaïque toiture	90	114	49	46	43	35
Hydraulique	4	4	4	4	4	4
Centrale à charbon	0	0	0	0	0	0
Turbine à combustion ²⁰	14	9	12	4	2	0
Cycle combiné ²⁰	16	11	9	8	3	1
Bois énergie ²⁰	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Biogaz ²⁰	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
En GWh de capacité ²¹	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Batteries stationnaires ²⁰	96	76	46	31	5	3

^{20.} Le renouvellement des unités de production sur la période 2020-2050 n'a pas été pris en compte.

^{21.} Deux types de batteries sont utilisés dans les Futurs énergétiques 2050 : batteries pour l'adéquation (charge de 4h) et batteries de réserve (charge d'1h)

Tableau 12 Volume de capacité à construire sur la période 2020-2050 pour le système électrique dans le scénario «sobriété»

Entre 2020-2050 – Scénario	« sobriété »					
En GW	мо	M1	M23	N1	N2	N03
Nucléaire	0	0	0	13	23	23
Éolien terrestre	77	61	73	59	54	46
Éolien en mer posé	22	16	20	15	11	7
Éolien en mer flottant	33	22	30	21	15	7
Photovoltaïque au sol	114	93	77	68	47	34
Photovoltaïque toiture	78	93	43	37	34	25
Hydraulique	4	4	4	4	4	4
Centrale à charbon	0	0	0	0	0	0
Turbine à combustion	9	3	5	2	0	0
Cycle combiné	11	8	7	1	1	1
Bois énergie	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Biogaz	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
En GWh de capacité	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Batteries stationnaires	24	17	13	5	3	3

Tableau 13 Volume de capacité à construire sur la période 2020-2050 pour le système électrique dans le scénario « réindustrialisation profonde »

Entre 2020-2050 – Scénario	o « réindustria	lisation profon	de »			
En GW	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Nucléaire	0	0	0	13	23	23
Éolien terrestre	98	78	95	79	69	63
Éolien en mer posé	31	24	31	25	23	17
Éolien en mer flottant	49	37	49	38	34	25
Photovoltaïque au sol	157	136	108	107	79	66
Photovoltaïque toiture	107	135	59	56	54	46
Hydraulique	4	4	4	4	4	4
Centrale à charbon	0	0	0	0	0	0
Turbine à combustion	24	16	21	13	10	2
Cycle combiné	15	11	8	6	5	2
Bois énergie	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Biogaz	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
En GWh de capacité	МО	M1	M23	N1	N2	N03
Batteries stationnaires	100	106	55	52	41	17

Tableau 14 Volume de batteries de véhicules électriques à construire sur la période 2020-2050 dans les scénarios de référence, «sobriété» et «réindustrialisation profonde»

GWh de capacité			référence et ialisation pr	-	Scénario «sobriété»					
Batteries construites en	tre 2020 et	2050								
Véhicules légers (voitures et VUL)		3546 2464								
Véhicules lourds (camions, bus, car)		14	1 2			1	71			
Taille moyenne des batte	eries par vé	s par véhicule neuf								
KWh de capacité	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050		
Véhicules légers (voitures et VUL)	40	65	79	85	40	58	71	76		
Véhicules lourds - bus	350	383	417	450	350	383	417	450		
Véhicules lourds - car	300	367	433	500	300	367	433	500		
Véhicules lourds – camions < 19 t	150	162	175	187	150	162	175	187		
Véhicules lourds – camions > 19 t	350	350 383 417 450 350 383 41								
Véhicules lourds – tracteurs routiers	800	933	1067	1200	800	933	1067	1200		

Intensité carbone et matières sur le cycle de vie

Tableau 15 Facteurs d'émissions de gaz à effet de serre en cycle de vie pour le système électrique

		2020	2050 - Évolution pessimiste (faible amélioration technologique)	2050 - Évolution tendancielle (amélioration technologique)	Sources des facteurs d'émissions	Unité
Biomasse	Bois	66	66	66	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
Diomasse	Biogaz agricole	70	70	70	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
	Photovoltaïque	43	28	14	Modèle paramétré	gCO₂eq/ kWh
Énergies	Éolien terrestre	16	15	13	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
renouvelables	Éolien en mer	14	10	7	Modèle paramétré	gCO₂eq/ kWh
	Hydraulique	6	6	6	ecoinvent 3.6	gCO ₂ eq/ kWh
	ccg	400	85	81	Modèle paramétré	gCO₂eq/ kWh
Gaz (fossile/ biométhane)	TAC	590	130	120	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
	Cogénération	530	100	98	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
Hydrogène	CCG	35	35	35	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
nyurogene	TAC	35	35	35	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
Nucléaire		7	6	6	Modèle paramétré	gCO₂eq/ kWh
Électrolyseurs		5	5	5	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh
Batteries station	naires	84	63	entre 26 et 90 selon les scénarios	Modèle paramétré	gCO ₂ eq/ kWh de capacité
Réseau		1,2	1,2	1,2	RTE	gCO ₂ eq/ kWh transité
Charbon		1100	1100	1100	ecoinvent 3.6	gCO₂eq/ kWh

Tableau 16 Intensités matières des infrastructures du système électrique et des batteries de véhicules électriques en 2020

Technologie	Nucléaire	Photo- voltaïque au sol	Photo- voltaïque toiture	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant	Hydraulique	Bioénergie	Turbine à combustion	Cycle combiné	Batteries stationnaires	Batteries véhicules électriques
Unité	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MWh de capacité	t/MWh de capacité
Aluminium	0,35	29,00	20,00	0,69	1,00	1,10	0,52	0,06	0,75	1,10	1,70	1,60
Cuivre	1,60	3,40	3,40	2,77	7,00	7,10	0,18	0,12	0,79	1,20	1,78	0,90
Acier	67	44	25	200	250	480	98	57	6	29	3	2
Béton	533	56	46	450	910	1700	21	4	41	36	10	10
Cobalt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,22	0,40
Argent	0	0,03	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001
Graphite	0	0,64	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0,45
Lithium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,43	0,14
Manganèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,38
Nickel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,38	0,40
Terres rares	0	0	0	0,01	0,21	0,21	0	0	0	0	0	0
Silicium	0	6,40	6,20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En t/TWh	Nucléaire
Uranium	19,85 (REP) et 15,6 (EPR)
Zirconium	0,847

Tableau 17 Intensités matières des infrastructures du système électrique et des batteries de véhicules électriques à l'horizon 2030

Technologie	Nucléaire	Photo- voltaïque au sol	Photo- voltaïque toiture	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant	Hydraulique	Bioénergie	Turbine à combustion	Cycle combiné	Batteries stationnaires	Batteries véhicules électriques
Unité	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MWh de capacité	t/MWh de capacité
Aluminium	0,35	24,36	16,80	0,69	1,00	1,15	0,52	0,06	0,75	1,10	1,45	1,36
Cuivre	1,60	3,40	3,40	2,60	8,50	8,55	0,18	0,12	0,79	1,20	1,41	0,75
Acier	67	38	21	200	250	480	98	57	6	29	2	2
Béton	533	47	39	450	910	1700	21	4	41	36	10	9
Cobalt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,16	0,24
Argent	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001
Graphite	0	0,47	0,45	0	0	0	0	0	0	0	0,26	0,37
Lithium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,34	0,11
Manganèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,27
Nickel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,37
Terres rares	0	0	0	0,00	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0
Silicium	0	4,67	4,53	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En t/TWh	Nucléaire
Uranium	19,85 (REP) et 15,6 (EPR)
Zirconium	0,847

Tableau 18 Intensités matières des infrastructures du système électrique et des batteries de véhicules électriques à l'horizon 2040

Technologie	Nucléaire	Photo- voltaïque au sol	Photo- voltaïque toiture	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant	Hydraulique	Bioénergie	Turbine à combustion	Cycle combiné	Batteries stationnaires	Batteries véhicules électriques
Unité	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MWh de capacité	t/MWh de capacité
Aluminium	0,35	19,72	13,60	0,69	1,00	1,15	0,52	0,06	0,75	1,10	1,28	1,20
Cuivre	1,60	3,20	3,20	2,60	8,50	8,55	0,18	0,12	0,79	1,20	1,25	0,65
Acier	67	31	18	200	250	480	98	57	6	29	2	2
Béton	533	40	32	450	910	1700	21	4	41	36	10	9
Cobalt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,10	0,10
Argent	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001
Graphite	0	0,33	0,31	0	0	0	0	0	0	0	0,22	0,32
Lithium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,29	0,09
Manganèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0,15
Nickel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0,41
Terres rares	0	0	0	0,00	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0
Silicium	0	3,25	3,15	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En t/TWh	Nucléaire
Uranium	19,85 (REP) et 15,6 (EPR)
Zirconium	0,847

Tableau 19 Intensités matières des infrastructures du système électrique et des batteries de véhicules électriques à l'horizon 2050

Technologie	Nucléaire	Photo- voltaïque au sol	Photo- voltaïque toiture	Éolien terrestre	Éolien en mer posé	Éolien en mer flottant	Hydraulique	Bioénergie	Turbine à combustion	Cycle combiné	Batteries stationnaires	Batteries véhicules électriques
Unité	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MW	t/MWh de capacité	t/MWh de capacité
Aluminium	0,35	17,40	12,00	0,69	1,00	1,15	0,52	0,06	0,75	1,10	1,20	1,07
Cuivre	1,60	3,10	3,10	2,60	8,50	8,55	0,18	0,12	0,79	1,20	1,17	0,55
Acier	67	28	16	200	250	480	98	57	6	29	2	1
Béton	533	35	29	450	910	1700	21	4	41	36	9	9
Cobalt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0,04
Argent	0	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,001
Graphite	0	0,23	0,23	0	0	0	0	0	0	0	0,19	0,28
Lithium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	0,07
Manganèse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,03	0,10
Nickel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,26	0,40
Terres rares	0	0	0	0,00	0,11	0,11	0	0	0	0	0	0
Silicium	0	2,34	2,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En t/TWh	Nucléaire
Uranium	19,85 (REP) et 15,6 (EPR)
Zirconium	0,847

Matrice de criticité des ressources minérales pour l'analyse qualitative

La criticité des ressources est évaluée en fonction de **six indicateurs** :

- ▶ les réserves, traduisant la disponibilité physique et technico-économique de la matière première ;
- ▶ la présence de monopole ou de concentration du marché exposant la ressource à des risques d'approvisionnement;
- ▶ le risque de conflit d'usage de la ressource ;
- la capacité technique et économique de recyclage;
- ▶ l'existence ou non de solutions de substitution, soit de la ressource elle-même, soit par un changement de technologie;
- ▶ l'impact social et environnemental de l'exploitation et de la production de la ressource.

Dans la mesure du possible, la criticité est examinée de la mine ou carrière (matière première) au produit final. Par exemple, l'aluminium est principalement extrait de la bauxite sous forme d'alumine qui est transformée en métal par électrolyse.

Pour chacun de ces indicateurs, un ou plusieurs sous-indicateurs ont été retenus pour permettre de juger ou non du niveau de criticité actuelle du couple indicateur/ressource et de la tendance à venir. Le choix de ces indicateurs a été réalisé sur la base de données disponibles dans les fiches d'expertise du BRGM.

Par exemple, la criticité liée aux réserves a été évaluée à partir de l'indicateur existant dit «R/P», qui traduit la quantité restante de la ressource, tandis que la criticité liée au recyclage est évaluée selon les capacités techniques de recyclage et de réutilisation ainsi que du taux de recyclage actuel. Si la criticité liée au niveau de réserves est relativement robuste, celle liée au recyclage renvoie à des questions plus larges d'économie circulaire, qui nécessiteraient des travaux approfondis pour rendre compte plus fidèlement de l'enjeu du recyclage de la ressource.

Ainsi pour chacun des indicateurs cités ci-dessus, les sous-indicateurs et grilles d'évaluations associés sont les suivants :

Indicateurs	Sous-indicateurs	Grille d'évaluation (1 : risque faible ; 2 : risque moyen ; 3 : risque élevé)
Réserves	► Indice R/P, c'est-à-dire le niveau de réserves connues sur le niveau de pro- duction annuelle. Cet indice traduit le nombre d'années restantes pour l'ex- ploitation d'une ressource non renou- velable au rythme de production actuel	1 : plus de 60 ans ; 2 : entre 30 et 60 ans ; 3 : moins de 30 ans
Monopole/ concentration de marché	 IHH²² de la production minière et métallique Ou si IHH non disponible : Parts de marché des différents acteurs pays 	 aucun IHH de plus de 0,4 ou si l'IHH n'est pas disponible : aucun acteur ne détient plus de 50% de marché sur la chaîne d'approvisionnement ; au moins une étape de production avec IHH de plus de 0,4 ou si l'IHH n'est pas disponible : acteur à +50% de part de marché, sauf si la France semble indépendante ; au moins une étape de production avec IHH de plus de 0,6 ou deux étapes de plus de 0,4 ou si l'IHH n'est pas disponible : +50% de part de marché sauf si la France semble indépendante
Conflit d'usage	 Diversité ou non de secteurs/usages consommateurs de la ressource R/P 	 si indicateur R/P = 1; si indicateur R/P = 2 ou 3 et peu de secteurs ou usages; si indicateur R/P = 2 ou 3 et plusieurs secteurs ou usages concernés

22. Indice de Herfindahl-Hirschmann

Recyclabilité

- ► Capacité de recyclage (oui/oui mais partiellement/oui mais difficilement²³/non)
- Réutilisation de la ressource comme la primaire (oui/oui mais partiellement/ oui mais difficilement/non)
- ► Taux de recyclage actuel
- 1: si oui partout et recyclage actuel de plus de 50%;
- 2 : si recyclable ou réutilisable partiellement ;
- 3 : si non recyclable ou non réutilisable ou recyclage actuel à 0 %

Substituabilité

- Existence d'une ressource à performance égale ou un peu moins bonne mais acceptable
- Existence d'autres technologies qui contiennent moins de cette ressource ou n'en contiennent pas
- 1 : si substituable ou remplaçable par une autre technologie ;
- 2 : si substituable et remplaçable mais pas facilement ou partiellement ;
- 3 : si non substituable par une autre ressource ou difficilement, partiellement ou non remplaçable par une autre technologie

Impact social et environnemental

- ► La nature moyenne en termes de gouvernance et d'impact sanitaire et social
- L'impact sur l'eau (stress hydrique, consommation d'eau)
- ► La consommation de l'espace, atteinte à la biodiversité
- ► Les diverses pollutions
- La consommation énergétique/GES

L'impact social et environnemental de l'exploitation des ressources est par nature non négligeable, encore plus dans le cas de ressources d'exploitation minière. La criticité des ressources a été estimée selon les fiches d'expertise du BRGM en supposant une criticité modérée uniquement pour les ressources issues d'exploitations non minières (comme le béton ou le silicium) et les ressources aux impacts qui semblent plus modérés et maîtrisés sur les enjeux environnementaux (eau, biodiversité, GES) et sociaux par rapport aux autres ressources.

^{23.} La notion de «difficilement» renvoie à des questions de coûts et/ou de maturité technologique et la notion de «partiel» renvoie au fait que cela ne s'applique pas à tous les usages. Par exemple, le graphite utilisé dans les garnitures de freins n'est pas recyclable, puisqu'il est consommé tandis que le graphite présent dans les batteries pourrait l'être.

Déchets radioactifs

Métriques utilisées et sources

Données utilisées pour la modélisation des déchets radioactifs issus de l'utilisation de combustible nucléaire à la section 12.5 :

Donnée	Valeur retenue	Source
tML d'uranium naturel nécessaire pour produire 1 tML d'uranium naturel enrichi (UNE) (en tML/tML)	7,09	PNGMDR, chiffre à fin 2019
tML d'uranium de retraitement (URT) nécessaire pour produire 1 tML d'uranium de retraitement enrichi (URE) (en tML/tML)	7,97	Rapport HCTISN - Présentation du «Cycle du combustible» français en 2018
Uranium de retraitement (URT), en % de combustible UNE initial	0,95	PNGMDR, chiffre à fin 2019
Quantité de rebuts, en % de tML produites à MELOX	0,04	Rapport HCTISN - Présentation du «Cycle du combustible» français en 2018
Consommation de combustible par TWh (tML/TWh) du parc actuel	2,8	Rapport HCTISN - Présentation du «Cycle du combustible» français en 2018
Consommation de combustible par TWh (tML/TWh) des EPR	2,2	
Consommation moyenne de Mox en tML/TWh par les 1300 MW	0,9	Postulée égale à la valeur pour les 900 MW
Consommation moyenne de Mox en tML/TWh par les 900 MW	0,9	Rapport HCTISN - Présentation du «Cycle du combustible» français en 2018
Consommation moyenne de Mox en tML/TWh par les EPR	0,7	Calcul à partir du dossier d'option de sûreté de l'EPR NM
Consommation moyenne d'URE en tML/TWh par les 900 MW	3,1	Rapport HCTISN - Présentation du «Cycle du combustible» français en 2018 + Base PRIS AIEA
Consommation moyenne d'URE en tML/TWh par les 1300 MW	3,1	Postulée égale à la valeur pour les 900 MW
Consommation moyenne d'URE en tML/TWh par les EPR	2,4	Calcul à partir du dossier d'option de sûreté de l'EPR NM
Teneur en plutonium du MOX % massique	8,65%	Rapport IRSN n°2018-00007 - Cycle du combustible nucléaire en France - Dossier «Impact Cycle 2016»
Production de plutonium par tML retraité	1 %	Avis IRSN/2018-00126 de l'IRSN (4 mai 2018)
Combustibles usés entreposés hors centrales nucléaires (en tML)	9955	Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2020
Combustibles usés dans les centrales nucléaires (en tML)	8777,2	Calcul à partir de l'inventaire ANDRA 2021 et rapport annuel de l'ASN 2019
Stock d'uranium appauvri (tML)	321000	Inventaire ANDRA 2021
Stock de MOX usé (tML)	2618	Inventaire ANDRA 2021

Stock de rebuts de MOX (tML)	299	Inventaire ANDRA 2021
Stock d'URE usé (tML)	578	Cour des comptes
Stock d'UNE usé (tML)	15 482	Calcul à partir inventaire ANDRA et Cours des comptes
Stock d'URT	32 700	Inventaire ANDRA 2021
Stock déchets HA (m³) en France	4 090	Inventaire ANDRA 2021
Stock déchets MAVL (m³)	42 700	Inventaire ANDRA 2021
Capacité de stockage de la piscine de la Hague (tML)	12 000	Orano - Résumé non technique - projet de densification des piscines C, D et E du site de La Hague.
Capacité de stockage de la piscine de la Hague après densification (tML)	15 600	Orano - Résumé non technique - projet de densification des piscines C, D et E du site de La Hague.
Capacité d'entreposage de la piscine d'EDF (tML)	6 500	EDF - Dossier de consertation - Projet de construction d'une installation d'entreposage sous eau de combustibles usés à La Hague
Nombre de CSD-V produits par 1 tML de combustible retraité	0,74	Calcul à partir des inventaires ANDRA
Nombre de CSD-C produits par 1 tML de combustible retraité	0,61	Calcul à partir des inventaires ANDRA
Volume occupé par un CSD-C (en m³)	0,22	Calcul à partir des inventaires ANDRA
Volume occupé par un CSD-V (en m³)	0,19	Calcul à partir des inventaires ANDRA

Polluants atmosphériques

Les facteurs d'émission des polluants utilisés pour l'année 2019 sont issus de la base publique OMINEA (données CITEPA). Ils sont exprimés en g/kWh pour les quatre polluants considérés dans l'étude. Les facteurs d'émission prospectifs à 2030, 2040 et 2050 ont été fournis par le CITEPA (données non publiques). Ainsi, seuls les facteurs d'émission de 2019 sont explicités ci-dessous.

Production d'électricité et de chaleur

Tableau 20 Facteurs d'émissions 2019 utilisés pour la production d'électricité pour les PM_{2.5}, NOx, SO₂ et COVnm

g/kWh	PM _{2.5}	NOx	SO ₂	COVnm
Gaz naturel ou biogaz/biométhane	0,002	0,072	0,002	0,002
Charbon	0,001	0,274	0,163	0,001
Déchets ménagers	0,003	0,284	0,034	0,002
Fioul domestique	0,002	0,554	0,090	0,005
Bois	0,003	0,204	0,038	0,017

Tableau 21 Facteurs d'émissions 2019 utilisés pour la production de chaleur pour les PM_{2.5}, NOx, SO₂ et COVnm

g/kWh	PM _{2.5}	NOx	SO ₂	COVnm
Résidentiel				
Bois	0,661	0,229	0,036	1,329
Gaz	0,003	0,102	0,002	0,006
Fioul	0,005	0,248	0,169	0,001
Tertiaire				
Bois	0,195	0,597	0,029	0,013
Gaz	0,003	0,216	0,002	0,007
Fioul	0,018	0,360	0,169	0,054
Réseaux de chaleur				
Bois	0,086	0,483	0,029	0,015
Gaz	0,003	0,162	0,002	0,008
Fioul	0,007	0,246	0,373	0,005
Charbon	0,014	0,315	0,258	0,029
Autres énergies fossiles	0,003	0,262	0,103	0,011
Déchets ménagers	0,003	0,284	0,034	0,002

Transports routiers

Afin d'obtenir la répartition prospective des véhicules selon les différentes normes Euro, RTE s'est basé sur les projections de l'IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies, des transports, de l'aménagement et des réseaux) jusqu'en 2050. La base de données de l'IFSTTAR sur les véhicules décline notamment la projection du trafic routier jusqu'en 2050 en véhicule.kilomètre (veh.km), selon tous les types de véhicules (véhicules particuliers, véhicules utilitaires, poids lourds, bus et cars, deux roues), les énergies utilisées et les normes Euro en vigueur, en prenant en compte les données annuelles d'immatriculations et des hypothèses de survie des différents types de véhicules²⁴. Ces travaux sont financés conjointement par l'ADEME et la DGITM.

Certaines hypothèses ont été formulées concernant les facteurs d'émissions, notamment sur les facteurs d'émissions de polluants émis à partir de bioénergies et les facteurs d'émissions liés à l'abrasion. Ces hypothèses sont prudentes et représentent une fourchette haute des futures émissions :

▶ Plusieurs études ont estimé les émissions de polluants émises à partir de bioénergies, mais aucun consensus n'émerge. Globalement, il semble tout de même que les bioénergies soient moins émettrices que les carburants fossiles, mais cette conclusion dépend des polluants considérés. Des études supplémentaires sont donc nécessaires. En l'absence de données fiables, l'hypothèse conservatrice retenue est que les émissions liées au bioéthanol, biodiesel

- et biométhane sont considérées comme égales à celles respectivement de l'essence, du diesel et du gaz naturel liquéfié.
- ▶ Les facteurs d'émission liés à l'abrasion ont été considérés comme constants jusqu'en 2050. Aujourd'hui, les émissions liées à l'abrasion représentent environ 50% des émissions de particules fines du transport routier.

Par ailleurs, les calculs ont été réalisés en supposant un gain d'efficacité énergétique des différents véhicules à différents horizons de temps, ce qui revient à abaisser les valeurs limites d'émission (VLE) liées à la combustion et donc à anticiper des normes Euro plus restrictives (comme la norme Euro 7 qui devrait sortir en 2025).

Les facteurs d'émission fournis par le CITEPA reflètent les performances réelles des véhicules (niveaux d'émission moyens mesurés en laboratoire) en termes de rejets de polluants atmosphériques (et non les VLE affichées pour chaque norme Euro).

Les facteurs d'émission utilisés dans les *Futurs* Énergétiques 2050 pour les véhicules sont téléchargeables sur le site du CITEPA (lien vers la base OMINEA du CITEPA: https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/ominea/ominea-2021.zip). Les facteurs d'émission sont détaillés par type de véhicule, par type d'énergie, par norme Euro et selon le type de route empruntée (urbain, rural, autoroute).

Activités de combustion dans l'industrie

Les facteurs d'émissions moyens ont été calculés à partir des données du CITEPA et des données CEREN pour la consommation d'énergie par secteur d'activité NCE.

Tableau 22 Facteurs d'émissions 2019 utilisés pour la combustion dans l'industrie pour les PM_{2.5}, NOx, SO₂ et COVnm

Facteurs d'émissions moyens en 2019				
g/kWh	PM _{2.5}	NOx	SO ₂	COVnm
E12 - Industrie laitière	0,009	0,208	0,009	0,009
E13 - Sucreries	0,008	0,253	0,222	0,009
E14 - Industries agricoles et alimentaires	0,015	0,240	0,099	0,044
E16 - Sidérurgie	0,034	0,446	0,423	0,008
E18 - Métallurgie de 1 ^{re} transformation des métaux non ferreux	0,005	0,197	0,011	0,008
E19 - Production de minéraux divers	0,005	0,290	0,100	0,035
E20 - Fabrication de plâtres, produits en plâtre, chaux et ciments	0,024	0,954	0,330	0,031
E21 - Production d'autres matériaux de construction et de céramique	0,025	0,253	0,155	0,027
E22 - Industrie du verre	0,037	0,794	0,358	0,008
E23 - Fabrication d'engrais	0,005	0,198	0,005	0,008
E24 - Autres industries de la chimie minérale	0,017	0,312	0,448	0,012
E25 - Mat. plastiques, caoutchouc synthétique et autres élastomères	0,008	0,266	0,260	0,007
E26 - Autres industries de la chimie organique de base	0,021	0,279	0,225	0,010
E28 - Parachimie et industrie pharmaceutique	0,005	0,200	0,006	0,009
E29 - Fonderie et travail des métaux	0,020	0,267	0,340	0,019
E30 - Construction mécanique	0,004	0,206	0,012	0,010
E31 - Construction électrique et électronique	0,016	0,245	0,259	0,018
E32 - Véhicules automobiles et autres matériels de transport terrestre	0,006	0,206	0,045	0,010
E33 - Construction navale et aéronautique, armement	0,008	0,212	0,013	0,010
E34 - Industrie textile, du cuir et de l'habillement	0,005	0,198	0,011	0,008
E35 - Industrie du papier et du carton	0,057	0,312	0,033	0,011
E36 - Industrie du caoutchouc	0,007	0,202	0,004	0,008
E37 - Transformation des matières plastiques	0,010	0,208	0,023	0,009
E38 - Industries diverses	0,086	0,361	0,049	0,016